

Síntesis 2010

# La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe



NACIONES UNIDAS

CEPAL

**La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe**

**Síntesis 2010**

**Alicia Bárcena**  
Secretaría Ejecutiva

**Antonio Prado**  
Secretario Ejecutivo Adjunto

**Joseluis Samaniego**  
Director  
División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos

**Susana Malchik**  
Oficial a cargo  
División de Documentos y Publicaciones

Los límites y los nombres que figuran en los mapas de este documento no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas. La elaboración de los gráficos y cuadros que aparecen en esta publicación estuvo a cargo de los autores, salvo indicación contraria. Las ideas expresadas en este documento son responsabilidad de sus autores y pueden no reflejar la opinión oficial de los gobiernos de los países, de las instituciones o de los donantes mencionados en el estudio.

Publicación de las Naciones Unidas

---

LC/G.2474

Copyright © Naciones Unidas, noviembre de 2010. Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile

---

Los Estados miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

Síntesis 2010

# La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe



NACIONES UNIDAS

CEPAL



El presente documento fue elaborado bajo la supervisión de Joseluis Samaniego, Director de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL. La coordinación y redacción general estuvieron a cargo de Luis Miguel Galindo, Jefe de la Unidad de Cambio Climático y Carlos de Miguel, Oficial de Asuntos Ambientales, de esa misma División.

Para la preparación del documento se recibieron insumos y comentarios de José Eduardo Alatorre, Jimmy Ferrer, José Javier Gómez, Julie Lennox, Karina Martínez, César Morales, Mauricio Pereira y Orlando Reyes, de la CEPAL, y de Daniel Bouille, Graciela Magrin, José Marengo, Lincoln Muniz y Gustavo Nagy, expertos internacionales y consultores de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL.

Se agradecen las contribuciones de Francisco Brzovic y su equipo de trabajo del Mecanismo Mundial de la Convención de Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación, Iñigo Losada y el equipo de trabajo del Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria de España, los equipos de consultores que participaron en los estudios en curso de la economía del cambio climático liderados por sus respectivos coordinadores nacionales en los países de América del Sur —Pedro Barrenechea, Leonidas Osvaldo Girardin, Sandra Jiménez, Ana María Loboguerro, Rubén Mamani, Rossana Scribano y Sebastián Vicuña—, los miembros del Comité técnico regional y la Unidad coordinadora del proyecto y los grupos de consultores y funcionarios que participan en el proyecto en Centroamérica. Cabe hacer una especial mención al apoyo permanente a esta iniciativa de los funcionarios de los gobiernos de los países involucrados, así como del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Mercado Común del Sur (MERCOSUR), la Comunidad Andina (CAN) y la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD).

Asimismo, se agradece a los puntos focales de los donantes de los proyectos por su permanente apoyo, que está haciendo posible la realización de los estudios de la economía del cambio climático en América Latina y el Caribe.

Complementan esta colección los siguientes estudios:

- La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009
- La economía del cambio climático en el Uruguay. Síntesis
- La economía del cambio climático en Chile. Síntesis

La elaboración de este documento fue posible gracias a la colaboración y apoyo financiero de:



## ÍNDICE

	<i>Página</i>
Prólogo .....	9
I. INTRODUCCIÓN .....	11
II. LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO: CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS .....	12
III. LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO .....	14
IV. EL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE .....	19
V. EVOLUCIÓN MACROECONÓMICA .....	39
VI. EL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: VULNERABILIDAD E IMPACTOS ECONÓMICOS .....	45
A. Impactos del cambio climático en Chile .....	50
B. Impactos del cambio climático en el Ecuador .....	56
C. Impactos del cambio climático en el Uruguay .....	64
D. Impactos del cambio climático en Centroamérica .....	68
E. Impactos del cambio climático en el sector agropecuario en países seleccionados y en Centroamérica .....	74
VII. EMISIONES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE .....	93
VIII. CONCLUSIONES .....	108
Bibliografía .....	111
 <b>Cuadros</b>	
Cuadro III.1      Proyecciones de calentamiento de la superficie terrestre y aumento del nivel del mar a fines del siglo XXI .....	18
Cuadro IV.1      Centroamérica: cambios proyectados en la temperatura y la precipitación, 2020, 2050 y 2080 .....	37
Cuadro IV.2      El Caribe y costas del Océano Atlántico: escenarios climáticos .....	38
Cuadro V.1      América Latina y el Caribe: tasas de crecimiento y tendencias del PIB por habitante, 1980-2009 .....	40
Cuadro V.2      América Latina y el Caribe: crecimiento del PIB per cápita .....	41
Cuadro V.3      Regiones del mundo: crecimiento del PIB per cápita .....	42
Cuadro VI.1      Chile: agregación de los costos económicos en los escenarios de cambio climático A2 y B2, hasta 2100 .....	55
Cuadro VI.2      Uruguay: estimaciones de la temperatura media y la precipitación media en los escenarios de cambio climático A2 y B2 .....	64

Cuadro VI.3	Uruguay: impacto en el valor bruto de la producción y el PIB del sector agropecuario en los escenarios de cambio climático A2 y B2, 2007-2100 .....	65
Cuadro VI.4	Uruguay: impactos económicos del cambio climático en los recursos costeros en el escenario dinámico con cambio climático (A2), 2100.....	66
Cuadro VI.5	Uruguay: costos totales de los impactos del cambio climático hasta 2100 .....	67
Cuadro VI.6	Centroamérica: índice de intensidad de uso del agua, 2000-2100.....	70
Cuadro VI.7	Centroamérica: estimación de los costos sectoriales acumulados en el escenario de cambio climático A2, 2020-2100.....	73
Cuadro VI.8	Centroamérica: estimación de los costos acumulados por país en el escenario de cambio climático A2, 2020-2100.....	73
Cuadro VI.9	Argentina: cambios esperados en los rendimientos medios de trigo, maíz y soja, 2080.....	77
Cuadro VI.10	Paraguay: cambios en el rendimiento de los principales cultivos y la productividad del ganado bovino para carne en los escenarios A2 y B2, 2020, 2050 y 2080.....	83
Cuadro VI.11	Uruguay: supuestos asumidos para la proyección del uso del suelo, 2010-2030.....	84
Cuadro VII.1	Probabilidades de superar un aumento de la temperatura en el equilibrio .....	93
Cuadro VII.2	América del Sur: estimaciones de demanda de energía, 1985-2007 .....	102
<b>Gráficos</b>		
Gráfico II.1	Cambio climático: escenarios de impactos económicos y de mitigación.....	13
Gráfico III.1	Modelos climatológicos, anomalías de la temperatura, aumento del nivel medio del mar y extensión de la cubierta de hielo.....	15
Gráfico III.2	Concentraciones de CO <sub>2</sub> en la atmósfera, marzo de 1958-septiembre de 2010.....	17
Gráfico III.3	Escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero y de la temperatura .....	17
Gráfico IV.1	Centroamérica: variaciones de largo plazo de la temperatura, 1960-2006.....	21
Gráfico IV.2	América del Sur: variaciones de largo plazo de la temperatura, 1961-2006 .....	24
Gráfico IV.3	Golfo de México y Mar Caribe: aumento del nivel medio del mar según mediciones de los satélites Topex, Jason-1 y Jason-2, 1992-2010.....	30
Gráfico V.1	América Latina y el Caribe: tendencia del PIB por habitante, 1980-2009 .....	40
Gráfico V.2	América Latina y el Caribe: comportamiento del PIB per cápita, 1980-2009.....	41
Gráfico V.3	Relación entre las tasas medias del crecimiento del PIB per cápita (1980-2009) y el PIB per cápita (1980) a nivel global .....	43
Gráfico V.4	América Latina y el Caribe: relación entre PIB per cápita y tasas de crecimiento medias anuales .....	44
Gráfico VI.1	Centroamérica: principales eventos climáticos extremos, 1970-2008.....	69
Gráfico VI.2	Chile: superficie cultivada .....	81
Gráfico VI.3	Uruguay: estimaciones del valor bruto de la producción en los escenarios de cambio climático A2 y B2 (acoplados a los escenarios 1 y 2 de evolución del uso del suelo, respectivamente) .....	85
Gráfico VI.4	Centroamérica: evolución del índice de producción agropecuaria en los escenarios de cambio climático B2 y A2, 2006-2100 .....	86
Gráfico VI.5	Centroamérica: evolución del rendimiento de maíz en el escenario de cambio climático A2, 2006-2100 .....	87

Gráfico VI.6	Centroamérica: evolución del rendimiento de frijol en el escenario de cambio climático A2, 2006-2100 .....	88
Gráfico VI.7	Centroamérica: evolución del rendimiento del arroz en el escenario de cambio climático A2, 2006 a 2100 .....	89
Gráfico VII.1	Emisiones de gases de efecto invernadero agregadas.....	94
Gráfico VII.2	América Latina y el Caribe: emisiones de gases de efecto invernadero agregadas .....	95
Gráfico VII.3	Emisiones de gases de efecto invernadero por sector, 2005.....	97
Gráfico VII.4	Emisiones de gases de efecto invernadero per cápita, 1990-2005.....	98
Gráfico VII.5	América Latina y el Caribe: emisiones de CO <sub>2</sub> por consumo de energía y producción de cemento, 2005.....	98
Gráfico VII.6	América Latina y el Caribe: consumo de energía, 1990-2007 .....	100
Gráfico VII.7	Matriz del uso energético .....	101
Gráfico VII.8	América Latina y el Caribe: matriz energética, 2007 .....	101
Gráfico VII.9	América Latina y el Caribe: consumo de energía y PIB per cápita, 2007 .....	103
Gráfico VII.10	América Latina y el Caribe: PIB per cápita frente a consumo de energía per cápita, 2007.....	104
Gráfico VII.11	América Latina y el Caribe: PIB per cápita e intensidad energética, 2007 .....	104
Gráfico VII.12	América Latina y el Caribe: tasa media de crecimiento anual de las emisiones de CO <sub>2</sub> y sus componentes, 1990-2005.....	106
Gráfico VII.13	Distribución de las tasas de crecimiento de la intensidad energética y carbónica, 1990-2005 .....	107
<b>Mapas</b>		
Mapa IV.1	América Latina: aumento de la temperatura y la sequía.....	20
Mapa IV.2	América del Sur: proyecciones de temperatura .....	31
Mapa IV.3	América del Sur: proyecciones de precipitaciones .....	32
Mapa IV.4	América Latina y el Caribe: patrones espaciales de cambio de extremos climáticos en el escenario A1B, según promedios de múltiples modelos .....	34
Mapa IV.5	América Latina y el Caribe: síntesis de los patrones de cambio climático proyectados hasta 2100.....	35
Mapa IV.6	Centroamérica: climatología de la temperatura media, enero, abril, julio y octubre, 1950-2000.....	36
Mapa IV.7	Centroamérica: climatología de la precipitación, enero, abril, julio y octubre, 1950-2000.....	37
Mapa VI.1	América Latina y el Caribe: áreas más vulnerables al cambio climático .....	45
Mapa VI.2	Chile: proyecciones de variación de la temperatura en el escenario de cambio climático A2, 2010-2099.....	51
Mapa VI.3	Chile: proyecciones de variación de las precipitaciones en el escenario de cambio climático A2, 2010-2099.....	52
Mapa VI.4	Chile: cambios en los ingresos netos del sector silvoagropecuario en el escenario de cambio climático A2, 2010-2100 .....	54
Mapa VI.5	Chile: representación esquemática de los impactos del cambio climático y su relación con las proyecciones climáticas futuras .....	55
Mapa VI.6	Ecuador: variación de la temperatura media con respecto a la línea base en el escenario A2, 2100.....	57
Mapa VI.7	Ecuador: variación de la precipitación con respecto a la línea base en el escenario A2, 2100.....	58

Mapa VI.8	Ecuador: formaciones vegetales de las áreas naturales continentales protegidas .....	60
Mapa VI.9	Ecuador: tendencia de incremento del riesgo de incidencia de malaria en zonas rurales por aumento de la temperatura, 2009-2100 .....	62
Mapa VI.10	Ecuador: zonas de vulnerabilidad física frente a eventos climáticos.....	63
Mapa VI.11	Uruguay: resumen de los efectos del cambio climático, 2030-2100 .....	68
Mapa VI.12	Centroamérica: índice de biodiversidad potencial en 2005, en el escenario base (sin cambio climático) y en los escenarios B2 y A2 a 2100.....	72
Mapa VI.13	Argentina (región pampeana): cambios en el rendimiento de soja, maíz y trigo en el escenario A2 considerando el efecto del CO <sub>2</sub> y sin considerarlo, 2080.....	78
Mapa VI.14	Chile: cambios relativos en la productividad de trigo de secano, vid, praderas naturales y pino radiata en el escenario de cambio climático A2, 2040-2070 .....	80
Mapa VI.15	América del Sur y Centroamérica (países seleccionados): resumen de los impactos del cambio climático en el sector silvoagropecuario .....	90
<b>Recuadros</b>		
Recuadro VI.1	Riesgo y vulnerabilidad por el efecto del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe .....	48
Recuadro VI.2	La biodiversidad en América Latina y el Caribe .....	75
Recuadro VI.3	América Latina y el Caribe: la degradación de las tierras y el cambio climático.....	91

## PRÓLOGO

El cambio climático, que se expresa, fundamentalmente, en el aumento de la temperatura media, la modificación de los patrones de precipitación, el alza del nivel del mar, la reducción de la superficie cubierta por nieves y glaciares, y la modificación de los patrones de los eventos extremos, representa uno de los grandes desafíos de la humanidad en este siglo. La evidencia disponible muestra que estas transformaciones climáticas son un fenómeno global, consecuencia, sobre todo, de las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antropogénico. A su vez, tienen efectos significativos, crecientes y, en muchos casos, irreversibles en las actividades económicas, la población y los ecosistemas, tres ámbitos que en América Latina y el Caribe son particularmente sensibles a las condiciones climáticas.

El reto de adaptarse a las nuevas condiciones climáticas, buscando amortiguar los efectos más negativos y participar, en forma simultánea, en una estrategia internacional de mitigación, con responsabilidades compartidas pero diferenciadas, supone costos y recursos económicos de tal magnitud que convierten al cambio climático en un factor condicionante esencial de las características y opciones de desarrollo económico para la región durante este siglo. En este sentido, el análisis económico del cambio climático en América Latina resulta fundamental, no solo para identificar los principales canales de transmisión, la magnitud de los efectos climáticos y las mejores formas de adaptación a las nuevas condiciones climáticas, sino también para formular una estrategia de desarrollo sostenible a largo plazo, con bajas emisiones de carbono y con inclusión social. Este es uno de los grandes retos del siglo XXI.

En este documento se presenta una síntesis del análisis económico agregado del cambio climático en América Latina y el Caribe basado en los estudios nacionales y sectoriales de la economía del cambio climático en la región. Las conclusiones que se muestran son preliminares, pero aportan importantes elementos sobre las implicancias del cambio climático para los países de la región. Con ellas se intenta contribuir a una mejor comprensión del fenómeno económico del cambio climático y a la búsqueda de posibles soluciones.

Para la realización de este estudio se contó con la estrecha colaboración de los gobiernos de la región, así como de los Gobiernos de Alemania, Dinamarca, España y el Reino Unido, la Unión Europea, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Mecanismo Mundial de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y una amplia red de instituciones académicas y de investigación. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) se mantiene firme en su compromiso de continuar profundizando esta investigación y desarrollar el conocimiento y la conciencia necesarios para que todos los actores puedan tomar decisiones sobre la base de una mejor y más completa información acerca de los distintos aspectos relacionados con el cambio climático.

**Alicia Bárcena**  
Secretaria Ejecutiva  
Comisión Económica para América Latina  
y el Caribe (CEPAL)





## I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los grandes desafíos para la humanidad en el siglo XXI. En los últimos años ha captado un nivel de atención sin precedentes que ha impulsado una movilización internacional para concertar acciones destinadas a su mitigación, mayores dinamismos en materia de innovación tecnológica y búsqueda de eficiencia para lograr sendas de desarrollo con baja emisión de carbono, y ha suscitado una seria preocupación por las consecuencias negativas que este fenómeno podría tener sobre el desarrollo económico y social de los países. Junto a los Objetivos de Desarrollo del Milenio, el cambio climático integra la agenda de prioridades del Secretario General de las Naciones Unidas.

En efecto, el aumento de los gases de efecto invernadero (GEI), asociado fundamentalmente a diversas actividades antropogénicas, está ocasionando cambios climáticos evidentes, como un aumento paulatino pero continuo de la temperatura, modificaciones en los patrones de precipitación, reducción de la criósfera, alza del nivel del mar y cambios en la intensidad y la frecuencia de eventos climáticos extremos (IPCC, 2007a). Las consecuencias de estos cambios climáticos en el conjunto de las actividades económicas, la población y los ecosistemas son ciertamente significativas, aumentarán a lo largo del siglo y en muchos casos serán difícilmente reversibles (IPCC, 2007b; Stern, 2007; CEPAL, 2009). Asimismo, los esfuerzos necesarios para adaptarse a las nuevas condiciones climáticas y, simultáneamente, controlar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a fin de estabilizar las transformaciones climáticas implican costos económicos y modificaciones substanciales en los actuales patrones de producción, distribución y consumo, en los flujos comerciales y financieros internacionales e incluso en los estilos de vida de la población. En este sentido, el cambio climático será un factor condicionante esencial en las características y opciones del desarrollo económico de este siglo, en particular en América Latina y el Caribe, donde las condiciones geográficas y climáticas, y la vulnerabilidad a los eventos extremos y los factores económicos, sociales e incluso institucionales acentúan e intensifican estos impactos climáticos. La magnitud del reto hace necesario entonces formular una estrategia de largo plazo con una sólida base científica y un importante consenso social.

El análisis económico del cambio climático resulta un insumo fundamental para identificar y definir estrategias que contribuyan a la solución de los desafíos que se plantean y al desarrollo sostenible. Sin embargo, el análisis económico del cambio climático es complejo, ya que aborda un fenómeno que combina procesos naturales, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y energéticos, así como determinados aspectos de política internacional. Considera, además, características de muy largo plazo, una naturaleza global, impactos no lineales y límites específicos, causas y consecuencias asimétricas, intensos procesos de retroalimentación, un alto nivel de incertidumbre y una administración de riesgos compleja y con implicaciones éticas significativas. En este sentido, deben reconocerse al menos dos aspectos fundamentales:

- El análisis económico del cambio climático tiene un margen de incertidumbre importante e incluye un complejo proceso de manejo de los riesgos asociados a los eventos climáticos que pueden ser catastróficos. Por lo tanto, las proyecciones realizadas solo constituyen escenarios con cierta probabilidad de ocurrencia, pero no representan pronósticos específicos. Además, se incluye un componente ético relacionado con el bienestar de generaciones futuras o aspectos que no tienen un valor explícito de mercado, como la biodiversidad o la vida humana.

- La formulación de propuestas y estrategias para solucionar los problemas derivados del cambio climático no debe entenderse como una opción opuesta al crecimiento económico. Por el contrario, la inacción ante el cambio climático causa, por sí misma, impactos negativos en el crecimiento económico. En este contexto, enfrentar los problemas que acarrea el cambio climático significa transitar hacia una senda de un crecimiento económico con baja emisión de carbono y compatible con un desarrollo económico sostenible.

El objetivo fundamental de este estudio es presentar una actualización del análisis socioeconómico agregado de las implicaciones del cambio climático para América Latina y el Caribe, sobre la base de los estudios nacionales y sectoriales que se están desarrollando en la región. En ese sentido, busca contribuir a una mejor comprensión del fenómeno económico del cambio climático y al hallazgo de posibles soluciones y alternativas. Las estimaciones presentadas en este estudio son preliminares e incompletas, y son fundamentalmente el resultado de la introducción de diversos supuestos restrictivos sobre las economías de la región utilizando bases de datos que permiten la comparación entre países y que, por lo tanto, no necesariamente corresponden a los valores oficiales de estos. La intención es identificar tendencias regionales agregadas y no casos nacionales específicos. Más aún, las estimaciones de cada país no necesariamente coinciden con estos resultados agregados y se plasman en los respectivos estudios por país.

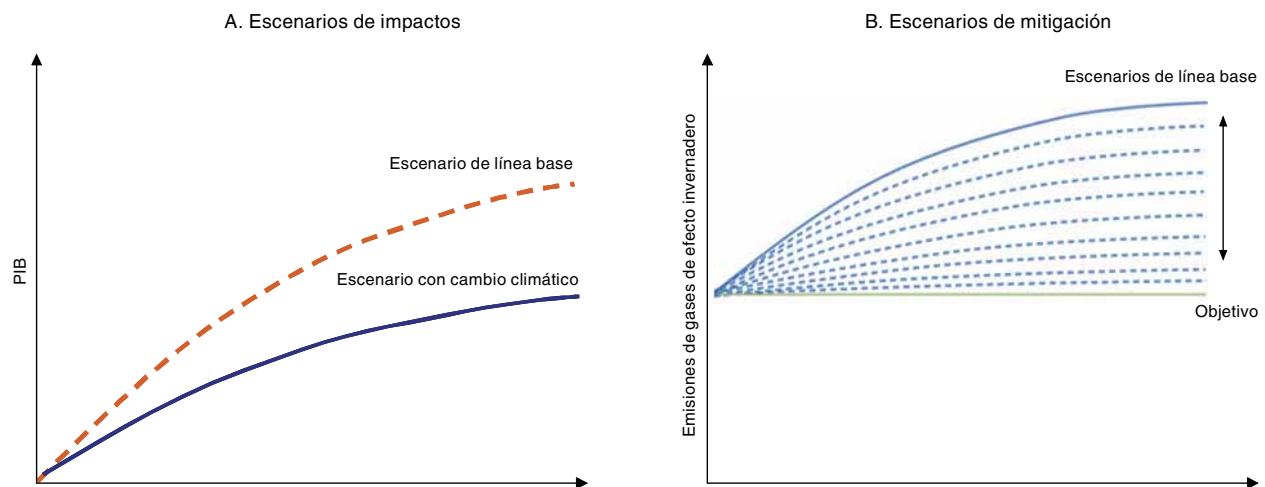
En el capítulo II del documento se presentan algunas consideraciones metodológicas sobre la economía del cambio climático. A continuación, en el capítulo III, se muestra la evidencia científica global disponible sobre el fenómeno y en el capítulo IV sus implicaciones para América Latina y el Caribe, principalmente en lo que se refiere a alteraciones de temperaturas, precipitaciones y nivel del mar. En el capítulo V se identifica un conjunto de patrones regulares empíricos para las economías de la región, que permiten construir escenarios futuros con sus respectivas líneas base o inerciales. En el capítulo VI se tratan los impactos del cambio climático y la vulnerabilidad de la región ante el fenómeno, ejemplificándolos con casos nacionales (Chile, el Ecuador y el Uruguay), subregionales (Centroamérica) y sectoriales (actividades agropecuarias). En el capítulo VII se exploran aspectos referidos a las emisiones en la región y en el último capítulo se presentan las principales conclusiones.

## **II. LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO: CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS**

El análisis económico del cambio climático es un tema de creciente interés e intenso debate. La evidencia disponible (IPCC, 2007a; Stern, 2007; Nordhaus, 2008; Galindo, 2009; CEPAL, 2010, 2009a y b) muestra, con diversos enfoques y técnicas, que las causas y consecuencias económicas del cambio climático son significativas e implican transformaciones económicas sustanciales. En general, en los análisis económicos del cambio climático se define una trayectoria inercial o línea base (*business-as-usual* (BAU)) como referencia de comparación sobre la que se estiman tanto los impactos económicos como los procesos de adaptación y de mitigación. De este modo, existen dos líneas estratégicas fundamentales:

- El análisis de los impactos económicos del cambio climático se realiza identificando, en primera instancia, una línea base de trayectoria de las actividades económicas, sin incluir los impactos del cambio climático, para luego, tras la inclusión de esos impactos, proyectar trayectorias de crecimiento sectoriales y del conjunto de la economía (véase el gráfico II.1.A). Las diferencias entre estas dos trayectorias, actualizadas en función de la tasa de descuento elegida, representan las consecuencias económicas del cambio climático. En este contexto, debe considerarse que los procesos de adaptación modificarán de manera significativa el resultado final y que algunos de los impactos más relevantes del cambio climático no tienen un valor económico directo.
- El análisis económico de los procesos de mitigación se basa en el trazado de una línea base o trayectoria inercial de la economía en su conjunto o de algunos sectores o actividades económicas, que se traduce en una trayectoria inercial de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Posteriormente, se estiman los costos asociados a la reducción de emisiones sobre esta línea base mediante cuñas, que se definen de acuerdo con alguna meta específica, y se aplica una tasa de descuento (véase el gráfico II.1.B).

Gráfico II.1  
**CAMBIO CLIMÁTICO: ESCENARIOS DE IMPACTOS ECONÓMICOS Y DE MITIGACIÓN**



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

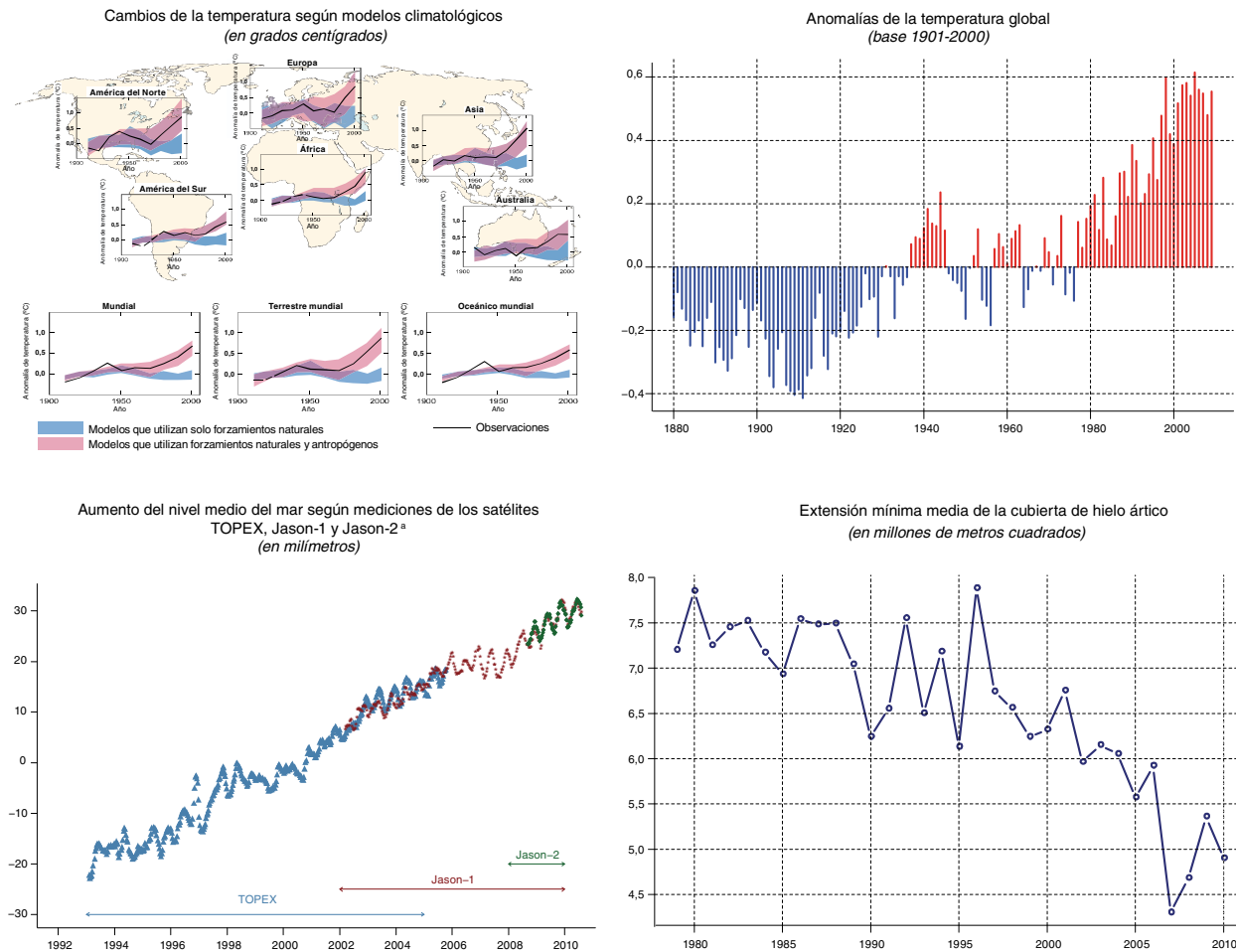
En este sentido, en el análisis económico del cambio climático se aplican diversos métodos cuantitativos para identificar las líneas base y sus referencias de comparación. En los estudios coordinados por la CEPAL se aplicaron diversos métodos de análisis, dada la diversidad regional y la existencia de efectos y condiciones específicas de cada país. No obstante, en todos los casos se procuró aplicar metodologías rigurosas basadas en un marco teórico consistente y en la presencia de ciertas regularidades empíricas que permitan ofrecer un panorama informado y comparable del fenómeno climático desde una óptica económica.

### III. LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

La evidencia científica global disponible (IPCC, 2007a) indica la presencia del fenómeno del cambio climático, originado fundamentalmente en un conjunto de actividades antropogénicas y que se manifiesta por medio de las siguientes anomalías:

- Aumento de la temperatura media de la superficie terrestre, aunque con diferencias significativas por regiones. La temperatura media del período 2001-2005 aumentó 0,76°C con respecto al período 1850-1899, con un intervalo de 0,19°C (Church y White, 2006) (véase el gráfico III.1), lo que se manifiesta en un aumento observado de días de calor extremo y reducción de días de frío extremo (IPCC, 2007a). Además, la información histórica confirma que la temperatura media actual es la más alta de los últimos 500 años, que la temperatura en los últimos 50 años es inusual con respecto a los últimos 1.300 años y que 11 de los 12 años más cálidos desde 1859 se registraron entre 1995 y 2006 (IPCC, 2007a, pág. 5). Asimismo, el aumento observado de la temperatura ocurre, fundamentalmente, a partir de 1970, y los 10 años más calurosos se presentan a partir de 1990 (Stern, 2007). De este modo, se observa un mayor número de días con temperaturas por encima del promedio y una disminución de la cantidad de días en los que se registra una temperatura inferior al promedio (IPCC, 2007a). Existe también un marcado incremento de la temperatura oceánica.
- Modificación de los patrones de precipitación con diferencias regionales significativas. Se han intensificado los patrones hidrológicos de modo que llueve más en regiones de alta precipitación y menos en regiones áridas, lo que aumenta la frecuencia de inundaciones y sequías (IPCC, 2007a). Existe además una asociación entre mayor temperatura y menor precipitación que genera un proceso de retroalimentación y acentúa los eventos climáticos más extremos (Madden y Williams, 1978).
- Aumento del nivel del mar. El nivel del mar aumentó entre 1,3 y 2,3 mm, con un promedio de 1,8 mm anuales entre 1961 y 2003 y entre 2,4 y 3,8 mm, con un promedio de 3,1 mm al año en el período 1993-2003 (IPCC, 2007a) (véase el gráfico III.1). A ello contribuye también la disminución de los glaciares y los casquetes polares.
- Disminución de la extensión de la criósfera. Desde 1978, la extensión de la capa de hielo disminuye un 2,7% por decenio, y en verano la disminución alcanza el 7,4% (IPCC, 2007a) (véase el gráfico III.1). En septiembre de 2010, la cobertura media de la capa de hielo fue de 4,9 millones de kilómetros cuadrados, 2,14 millones de kilómetros cuadrados por debajo del promedio registrado en el período 1979-2000 (NSIDC, 2010). Asimismo, ha aumentado la extensión y el número de lagos glaciares (Polyak y otros, 2010) y se observa una reducción significativa de los glaciares.
- Modificaciones en los tipos y patrones de intensidad y frecuencia de los eventos climáticos extremos. El aumento de la temperatura incrementa la probabilidad de cambios en la frecuencia e intensidad de los eventos extremos; por ejemplo, la actividad ciclónica aumentó en el Atlántico Norte (Vincent y otros, 2005; Aguilar y otros, 2005; Kiktev y otros, 2003; IPCC, 2007a, pág. 300; Marengo y otros, 2009a y b).

**Gráfico III.1**  
**MODELOS CLIMATOLÓGICOS, ANOMALÍAS DE LA TEMPERATURA, AUMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR Y EXTENSIÓN DE LA CUBIERTA DE HIELO**



**Fuente:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), *Climate Change 2007 - The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, 2007; y Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos del Organismo Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA) de los Estados Unidos y el Centro Nacional de Datos de Hielo y Nieve (NSDIC) de los Estados Unidos.

<sup>a</sup> Los datos de altimetría provienen del Laboratory for Satellite Altimetry del NOAA [en línea] [http://ibis.grdl.noaa.gov/SAT/slr/LSA\\_SLR\\_timeseries\\_global.php](http://ibis.grdl.noaa.gov/SAT/slr/LSA_SLR_timeseries_global.php). Se eliminaron las señales de estacionalidad. Promedios móviles de seis meses.



La evidencia disponible muestra entonces que estas transformaciones climáticas solo pueden simularse de manera adecuada, en los diferentes tipos de modelos, considerando a la vez los forzamientos naturales y los antropogénicos asociados al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (IPCC, 2007a). Los GEI se originan tanto por procesos naturales así como por la realización de diversas actividades antropogénicas como la quema de combustibles fósiles, los procesos industriales como la producción de cemento, la agricultura, la deforestación y el cambio en el uso del suelo (IPCC, 2007a; Stern, 2007)<sup>1</sup>.

En este contexto, el aumento de la concentración de GEI en la atmósfera desde la revolución industrial a la fecha ha sido notable. Los niveles actuales de concentraciones son los más elevados de los últimos 420 mil años (Siegenthaler y otros, 2005; IPCC, 2007a). Por ejemplo, las concentraciones de CO<sub>2</sub> aumentaron de aproximadamente 280 partes por millón (ppm) de CO<sub>2</sub>, en el período previo a la revolución industrial (IPCC, 2007a) a casi 388 ppm de CO<sub>2</sub> en 2009 (NOAA, 2010) (véase el gráfico III.2). Estos valores son incluso superiores si se considera el total de las emisiones de GEI medidas en dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq), que aumentaron de 280 ppm a 430 ppm de CO<sub>2</sub> eq (Stern, 2007) y se espera que se incrementen a más de 2 ppm por año, de mantenerse la trayectoria inercial actual. Estos escenarios de emisiones condicionan los escenarios climáticos esperados (véase el gráfico III.3), lo que se traduce en elevados niveles de incertidumbre sobre los valores específicos del cambio climático en el futuro. No obstante, los escenarios elaborados sugieren que las emisiones alcanzarán concentraciones de entre 450 ppm y 550 ppm de CO<sub>2</sub> eq a mediados de siglo e incluso niveles de 600 ppm a 650 ppm de CO<sub>2</sub> eq a finales de siglo<sup>2</sup>. Las probabilidades de que ello se traduzca en un aumento de la temperatura de entre 1°C y 6°C para finales de siglo son elevadas y la media rondaría entre 2°C y 4°C aproximadamente (véase el cuadro III.1). Los escenarios altos de emisiones implican además efectos de retroalimentación difíciles aún de simular que muy probablemente conllevarán modificaciones climáticas más intensas y frecuentes (IPCC, 2007a). Además, se proyecta un alza del nivel del mar de entre 18 y 59 centímetros (véase el cuadro III.1), así como otros fenómenos climáticos, como modificaciones en los patrones de las precipitaciones a nivel global, reducción de la criósfera y de los glaciares y aumento en el número y la intensidad de los eventos extremos (IPCC, 2007a)<sup>3</sup>.

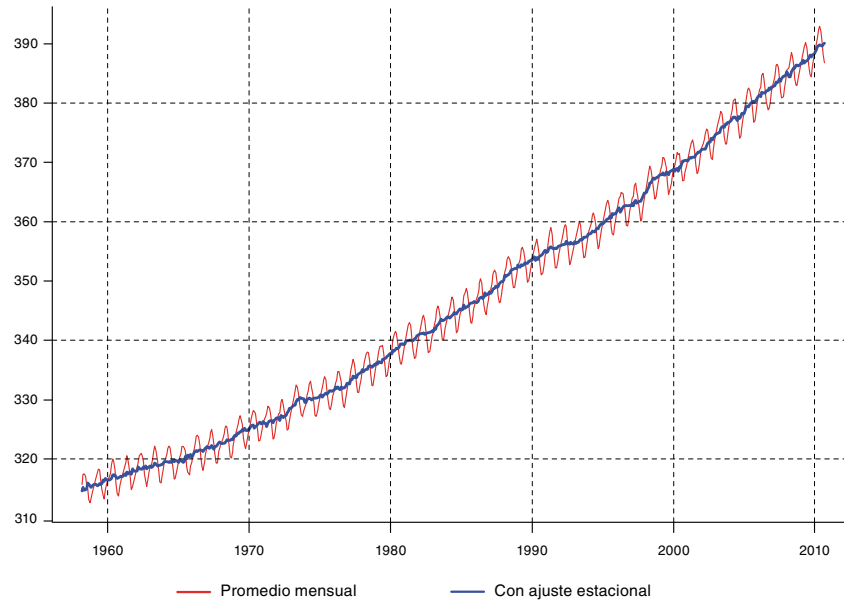
---

<sup>1</sup> De hecho, los modelos climáticos que asocian el aumento de temperatura a factores puramente naturales no logran predecir de manera correcta los cambios en la temperatura (IPCC, 2007a).

<sup>2</sup> El escenario A1 supone un rápido crecimiento demográfico y económico, unido a la introducción de tecnologías nuevas y más eficientes; el A1F1 considera la utilización intensiva de combustibles fósiles; en el A1T predomina la energía de origen no fósil; en el A1B hay una utilización equilibrada de todo tipo de fuentes, y el escenario A2 supone un menor dinamismo económico, menos globalización y un crecimiento demográfico alto y sostenido. Por su parte, los escenarios B1 y B2 incluyen un cierto nivel de mitigación de las emisiones por medio del uso más eficiente de la energía y mejoras tecnológicas (B1) y de soluciones mejor localizadas (B2).

<sup>3</sup> En las proyecciones de aumento del nivel medio del mar elaboradas por el IPCC (2007a) se resaltó que los resultados muestran un alto nivel de incertidumbre. Los rangos de los escenarios de variación de la temperatura media en relación con el aumento del nivel medio del mar a nivel global presentan amplias diferencias, por lo que ha habido diversas investigaciones destinadas a resolver la cuestión usando distintas aproximaciones semiempíricas (modelos estadísticos sencillos que relacionan la subida de la temperatura media global con el ascenso del nivel del mar). En esta línea, Vermeer y Rahmstorf (2009) han desarrollado trabajos en los que se observa que el aumento del nivel medio del mar a nivel global para el año 2100 sería de aproximadamente 1 metro, superior al obtenido por el IPCC (2007a) para este período.

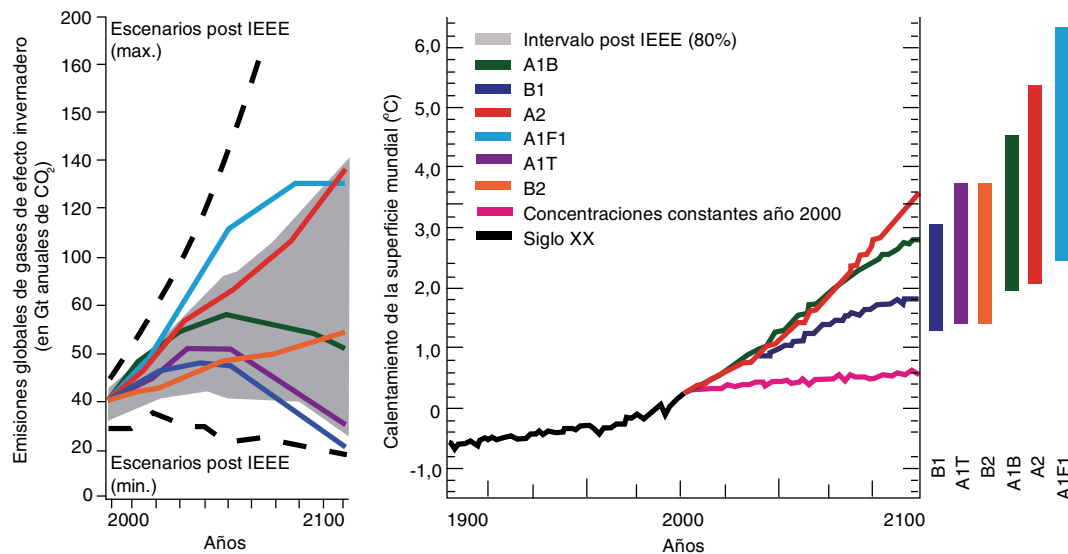
Gráfico III.2  
**CONCENTRACIONES DE CO<sub>2</sub> EN LA ATMÓSFERA, MARZO DE 1958-SEPTIEMBRE DE 2010<sup>a</sup>**  
 (En partes por millón)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos del Organismo Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA) de los Estados Unidos.

<sup>a</sup> Medición realizada en el Observatorio de Mauna Loa, Hawaii.

Gráfico III.3  
**ESCENARIOS DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y DE LA TEMPERATURA**  
 (En Gt anuales de CO<sub>2</sub> eq y grados centígrados)



**Fuente:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), *Climate Change 2007 - The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, 2007.

Cuadro III.1  
**PROYECCIONES DE CALENTAMIENTO DE LA SUPERFICIE TERRESTRE Y AUMENTO  
DEL NIVEL DEL MAR A FINES DEL SIGLO XXI**

Caso	Cambios de temperatura en el período 2090-2099 respecto de 1980-1999 <sup>a</sup> (en grados centígrados)		Aumento del nivel del mar en el período 2090-2099 respecto de 1980-1999 (en metros)
	Estimación óptima	Intervalo probable	Intervalo basado en modelos, sin incluir los futuros cambios dinámicos rápidos de los flujos de hielo
Concentraciones constantes del año 2000 <sup>b</sup>	0,6	0,3-0,9	No disponible
Escenario B1 <sup>c</sup>	1,8	1,1-2,9	0,18-0,38
Escenario A1T <sup>c</sup>	2,4	1,4-3,8	0,20-0,45
Escenario B2 <sup>c</sup>	2,4	1,4-3,8	0,20-0,43
Escenario A1B <sup>c</sup>	2,8	1,7-4,4	0,21-0,48
Escenario A2 <sup>c</sup>	3,4	2,0-5,4	0,23-0,51
Escenario A1F1 <sup>c</sup>	4,0	2,4-6,4	0,26-0,59

**Fuente:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), *Climate Change 2007 - The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, 2007.

<sup>a</sup> Estas proyecciones se evalúan a partir de una jerarquía de modelos que incluye un modelo de clima simple, varios modelos del sistema terrestre de complejidad intermedia y un gran número de modelos de la circulación general atmósfera-océano.

<sup>b</sup> La composición constante en valores del año 2000 deriva únicamente de modelos de la circulación general atmósfera-océano.

<sup>c</sup> El escenario A1 supone un rápido crecimiento demográfico y económico, unido a la introducción de tecnologías nuevas y más eficientes; en el A1F1 se considera el uso intensivo de combustibles fósiles; en el A1T predomina la energía de origen no fósil; el A1B se basa en la utilización equilibrada de todo tipo de fuentes y el escenario A2 supone un menor dinamismo económico, menos globalización y un crecimiento demográfico alto y sostenido. Por su parte, los escenarios B1 y B2 incluyen un cierto nivel de mitigación de las emisiones por medio del uso más eficiente de la energía y mejoras tecnológicas (B1) y de soluciones mejor localizadas (B2).

La evidencia indica que existe una estrecha relación entre las emisiones de GEI y el cambio climático y permite identificar varias características del análisis económico del cambio climático:

- La atmósfera, desde una óptica económica, es un bien público y, en este sentido, el cambio climático representa la mayor externalidad negativa posible (Stern, 2007). De este modo, la corrección de esta externalidad implica el uso potencial de diversos instrumentos económicos. Sin embargo, atendiendo a las actuales sensibilidades de respuesta a los instrumentos económicos, es necesario reconocer la importancia de regulaciones adecuadas orientadas en el mismo sentido.
- La presencia de diversos procesos de retroalimentación, el desconocimiento puntual de las sensibilidades de respuesta de diversos factores y el hecho de que el cambio climático es un fenómeno de largo plazo conducen a la construcción de escenarios para horizontes de largo plazo con un alto nivel de incertidumbre. En este sentido, las proyecciones realizadas son solo escenarios y no representan pronósticos puntuales (Clements y Hendry, 2004); además, presentan un nivel de incertidumbre significativo.
- El cambio climático conlleva la posibilidad de ocurrencia de eventos climáticos o desastres naturales catastróficos. La administración de riesgos de una baja probabilidad de ocurrencia de posibles eventos catastróficos para un período de tiempo prolongado es ciertamente compleja. En este sentido, por ejemplo, las decisiones óptimas en materia de inversiones en adaptación y prevención de posibles eventos climáticos extremos resultan complicadas, por lo que estas opciones pueden considerarse un “seguro climático”.

#### IV. EL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

La evidencia disponible sobre el cambio climático en América Latina y el Caribe muestra patrones regulares similares a los de nivel global<sup>1</sup>. En la región se observa un aumento paulatino pero persistente de la temperatura global de superficie de aproximadamente  $0,74^{\circ}\text{C} \pm 0,18^{\circ}\text{C}$ , estimado como una tendencia lineal considerando los últimos 100 años (1906-2005). Sin embargo, esta tendencia se eleva a casi el doble si se consideran solo los últimos 50 años ( $0,13^{\circ}\text{C} \pm 0,03^{\circ}\text{C}$  por década comparado con  $0,07^{\circ}\text{C} \pm 0,02^{\circ}\text{C}$ ) (Trenberth y otros, 2007); además, entre 1970 y 2005 se observa un aumento medio aproximado de entre  $0,3^{\circ}\text{C}$  y  $0,5^{\circ}\text{C}$  por década en América del Sur y Centroamérica, con una mayor intensidad en el norte de México y la región del Amazonas (Trenberth y otros, 2007). Asimismo, existe evidencia de un incremento de la temperatura de alrededor de  $1^{\circ}\text{C}$  para Mesoamérica y algunas regiones de América del Sur. En contraste, se observa una tendencia a cierta reducción de la temperatura en la costa oeste del sur del Perú y Chile (véase el mapa IV.1.A). El número, la intensidad y la frecuencia de las precipitaciones también se modificaron entre 1900 y 2005 (Trenberth y otros, 2007). Por ejemplo, se percibe un incremento en la precipitación que se traduce en un aumento en la frecuencia e intensidad de las inundaciones en el Paraguay, el Uruguay, las pampas argentinas y algunas zonas del Estado Plurinacional de Bolivia. Sin embargo, en regiones del noreste, noroeste y norte de América del Sur se observan ciertas reducciones (véase el mapa IV.1.B), al igual que en el sur de Chile, el suroeste de la Argentina, el sur del Perú y el oeste de Centroamérica. También se esperan cambios en la precipitación en distintas regiones del Caribe. La región experimenta, además, una tendencia a la reducción de los glaciares, lo que incidirá sobre la disponibilidad de agua en el largo plazo. Finalmente, existe una creciente variabilidad climática con un consecuente aumento de eventos extremos. Ello se manifestó, por ejemplo, en la República Bolivariana de Venezuela (1999 y 2005) y las pampas argentinas (2000-2002), como también, en las tormentas de granizo y hielo que afectaron al Estado Plurinacional de Bolivia (2002) y el área de Buenos Aires (2006), y en los huracanes de 2005 en el Caribe.

La evidencia del aumento de la temperatura en los países de Centroamérica y América del Sur de manera individual es sólida, como lo demuestra la presencia de una tendencia ascendente de largo plazo, aunque se observan distintas intensidades y un rango de incertidumbre significativo sobre los valores específicos. En efecto, las variables climáticas, como la temperatura o la precipitación, normalmente presentan patrones regulares en los que se destacan las fluctuaciones en torno a una tendencia determinista o estocástica o en torno a una constante. De este modo, es posible aplicar el análisis de componentes no observables (Maravall, 1999; Mills, 2003, y Canova, 2007) que permite identificar los componentes permanente y transitorio<sup>2</sup>, donde el primero se representa como un componente tendencial o no estacionario y el segundo como una serie estacionaria<sup>3</sup>. En este sentido, la aplicación simultánea de un amplio espectro de métodos de descomposición de las series permite obtener evidencia sólida sobre estos patrones regulares, en particular, sobre la presencia de una tendencia ascendente en la temperatura. En

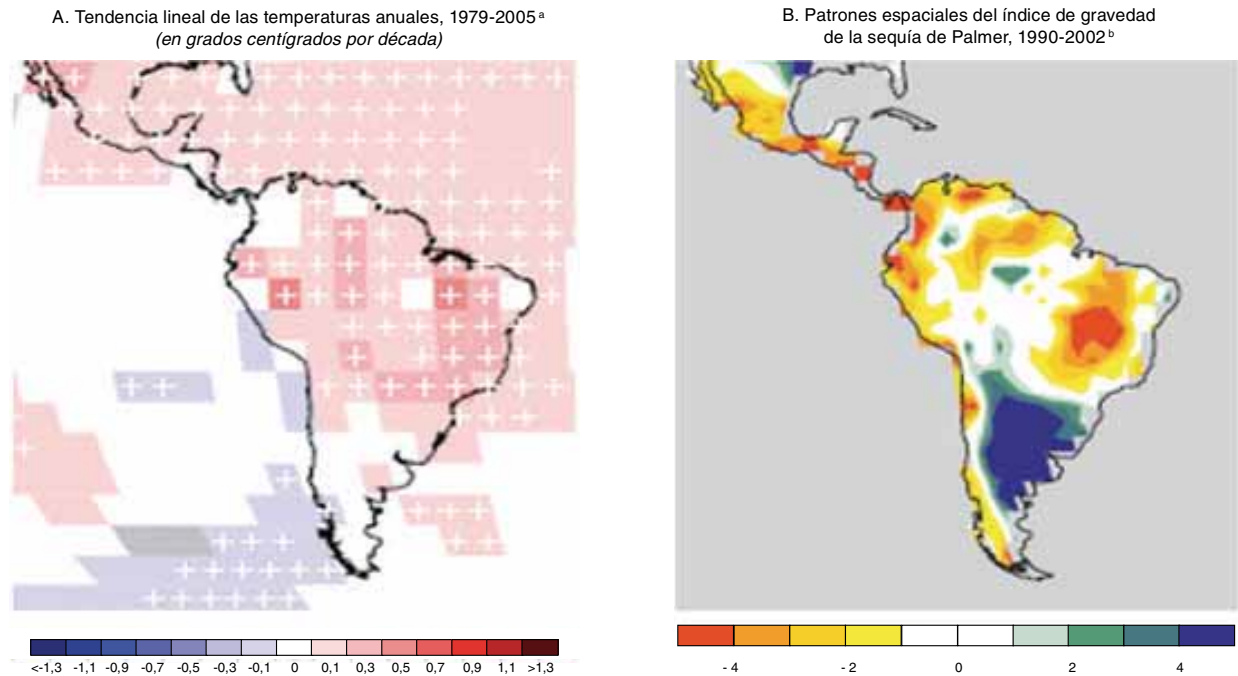
<sup>1</sup> Debe reconocerse que la elaboración de estos escenarios climáticos regionales (*downscaling*) conlleva un alto nivel de incertidumbre, incluso mayor que los escenarios globales. Es decir que un solo escenario global implica diversos escenarios regionales probables y los escenarios regionales deben incorporar un número mayor de factores específicos, como interacciones con el uso del suelo o la altitud (IPCC, 2007a y b).

<sup>2</sup> Excluidos los patrones estacionales.

<sup>3</sup> Estos procesos de descomposición de los componentes no observables pueden realizarse utilizando diversas técnicas, si bien no hay consenso respecto de la mejor especificación del modelo o forma de estimación (Maravall, 1999), ni garantía de unicidad en el proceso de descomposición; además, distintos modelos tendenciales generan diferentes componentes cíclicos, con el riesgo potencial de generar resultados espurios (Watson, 1986; Maravall, 1999, y Mills, 2003).

consecuencia, el análisis de componentes no observables sobre la evolución aproximada de la temperatura por país muestra la presencia de una tendencia ascendente, aunque con diferencias importantes de un país a otro (véanse los gráficos IV.1 y IV.2)<sup>4</sup>. Este análisis se complementó con pruebas de raíces unitarias que permitieron confirmar esa tendencia (Watson, 1986; Maravall, 1999, y Mills, 2003).

Mapa IV.1  
**AMÉRICA LATINA: AUMENTO DE LA TEMPERATURA Y LA SEQUÍA**



**Fuente:** K.E. Trenberth y otros, "Observations: surface and atmospheric climate change", *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge, Cambridge University Press, 2007.

<sup>a</sup> Las áreas en gris indican que no se cuenta con datos suficientes para generar tendencias confiables. Se calcula la tendencia del período 1979-2005 sobre la base de 18 observaciones anuales. Se obtiene un valor anual si existen 10 valores mensuales válidos de anomalías en la temperatura. La base de datos utilizada fue producida por el National Climatic Data Center (NCDC) sobre la base de Smith y Reynolds (2005). Las tendencias con un nivel de significación del 5% están indicadas con marcas + en blanco.

<sup>b</sup> Los valores positivos y negativos del índice muestran áreas más húmedas o más secas con respecto al promedio, indicadas por las áreas azules y rojas.

<sup>4</sup> Se aplicaron filtros de tendencias lineal, cuadrática, cúbica, de Hodrick y Prescott, polinomial (de Kernel), de Beveridge-Nelson, de transición suave, de Holt-Winters y de Kalman (Hodrick y Prescott, 1997; Maravall, 1999; Mills, 2003, y Canova, 2007). La estimación de una temperatura por país presenta diversos problemas, ya que no coincide con las áreas climáticas y, por tanto, representa solo una aproximación.

Gráfico IV.1  
**CENTROAMÉRICA: VARIACIONES DE LARGO PLAZO DE LA TEMPERATURA, 1960-2006**  
*(En grados centígrados)*

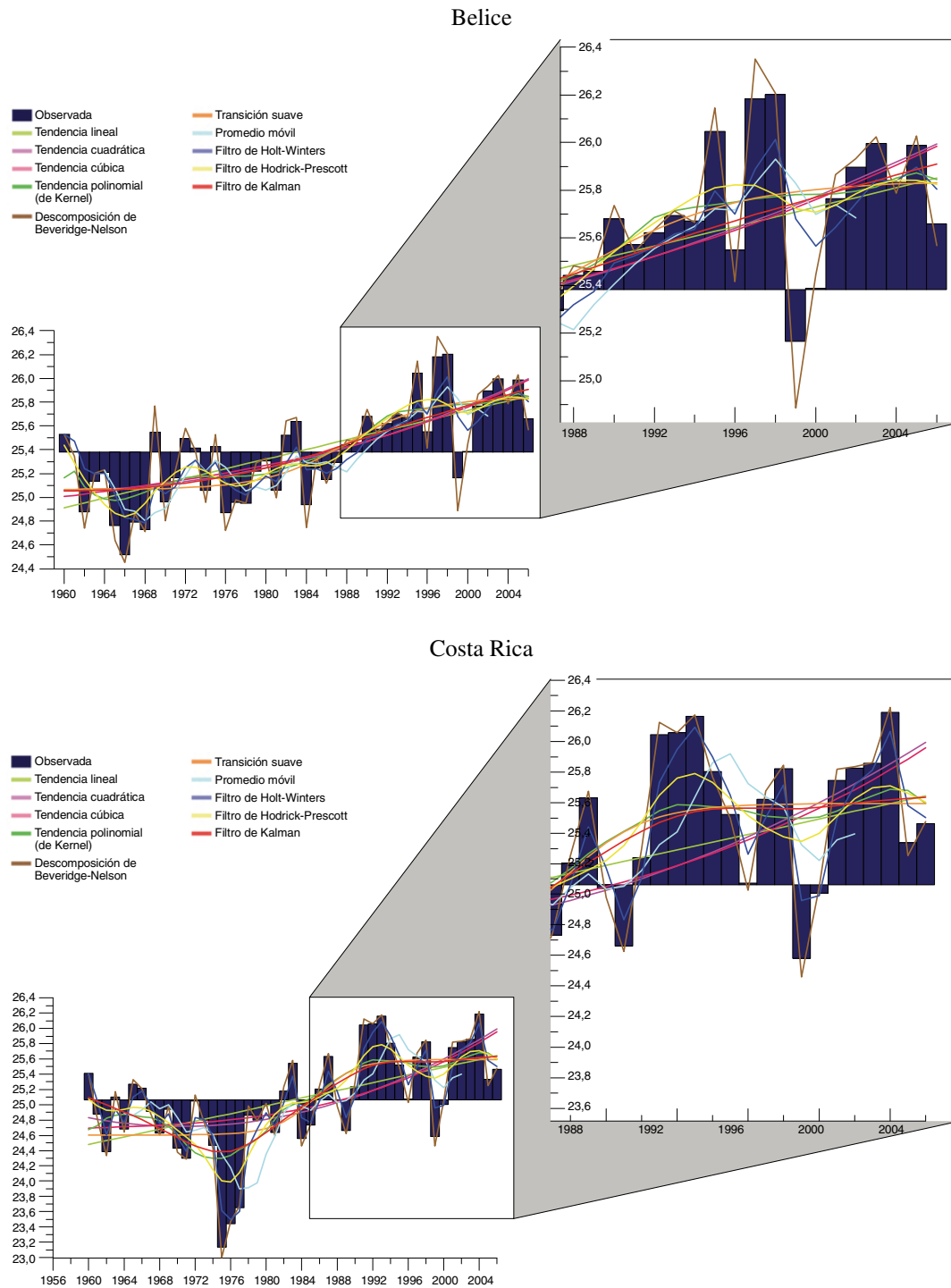
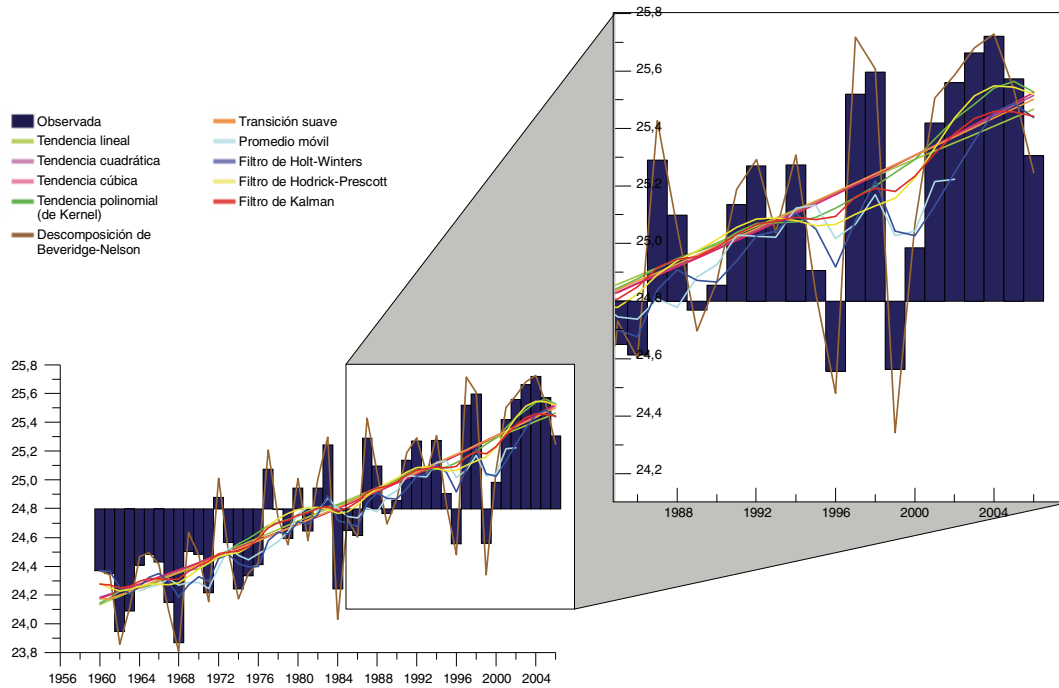




Gráfico IV.1 (continuación)

## El Salvador



## Guatemala

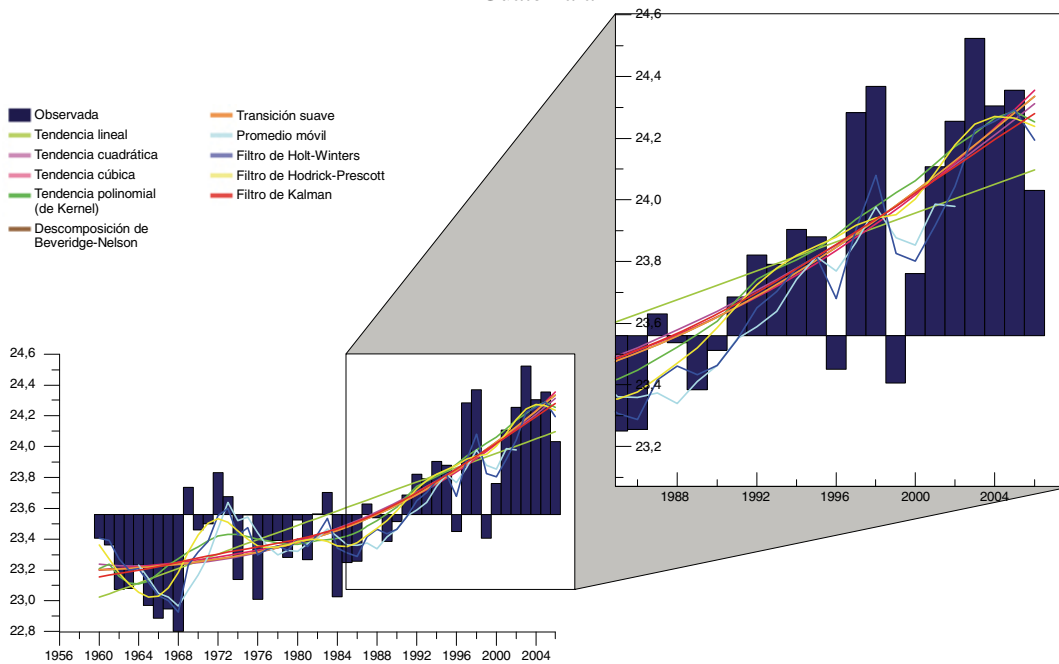
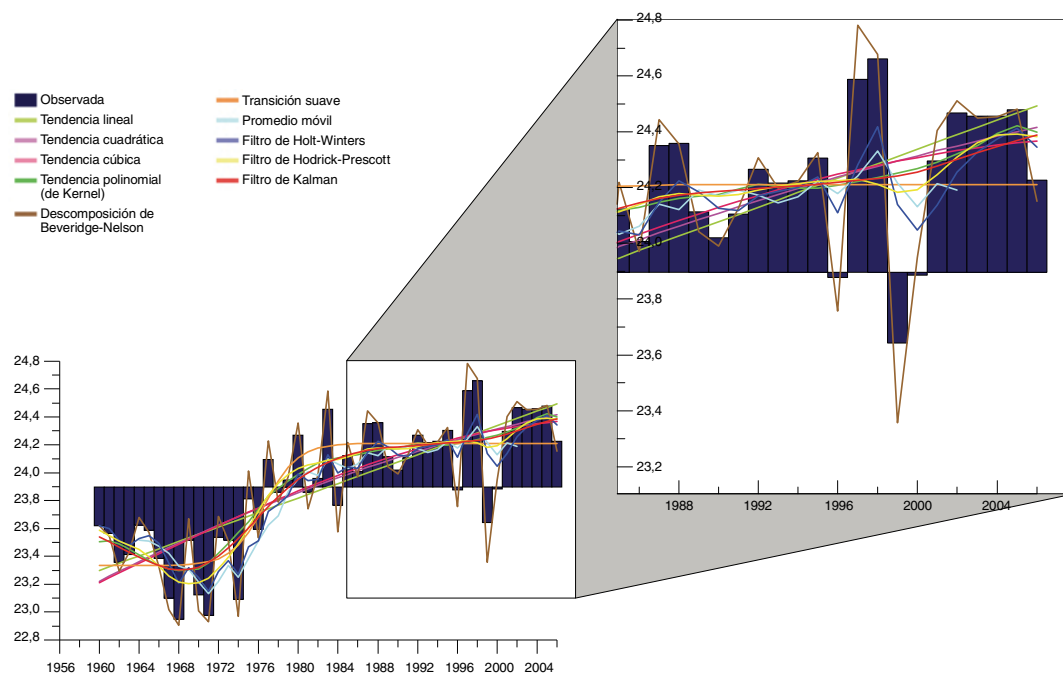


Gráfico IV.1 (continuación)

## Honduras



## Nicaragua

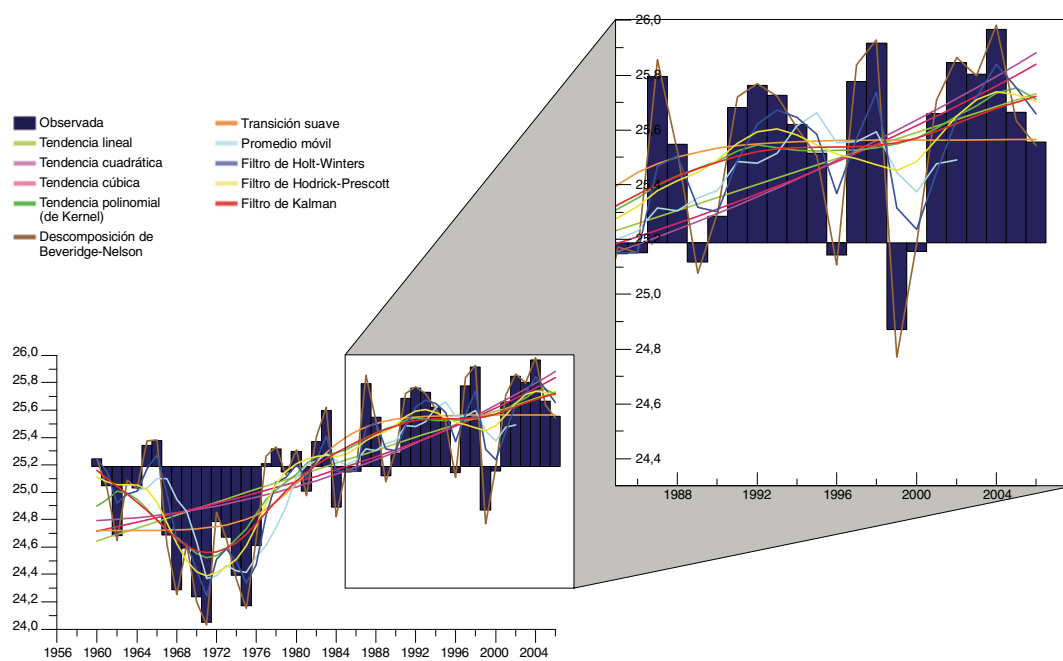
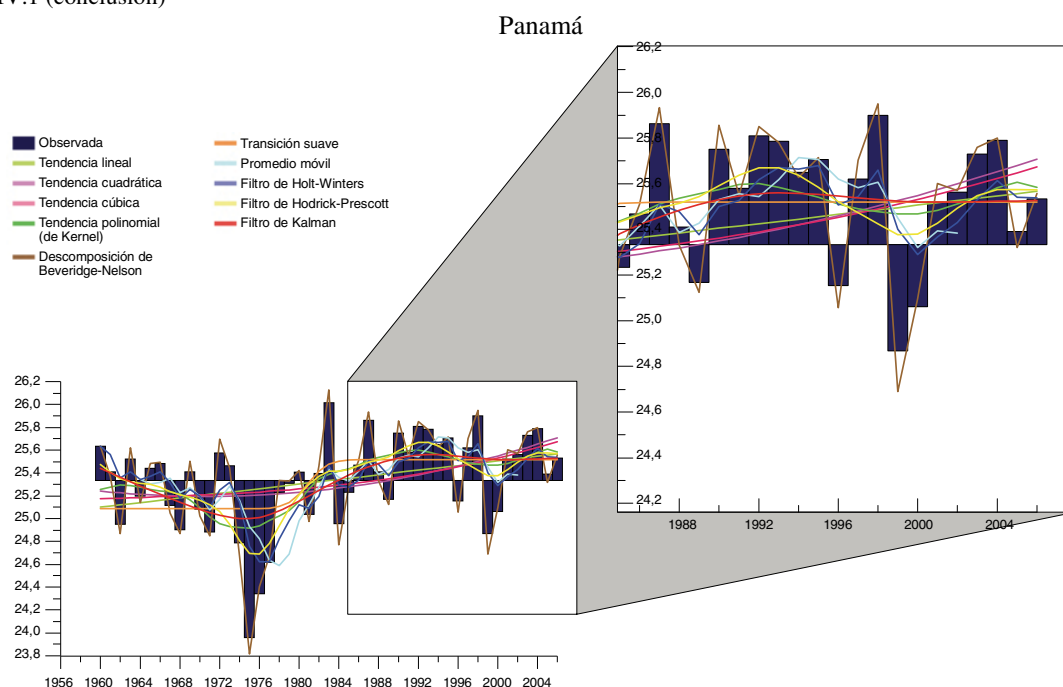


Gráfico IV.1 (conclusión)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información de Global Climate Data (WorldClim) [base de datos en línea] <http://www.worldclim.org>.

**Gráfico IV.2**  
**AMÉRICA DEL SUR: VARIACIONES DE LARGO PLAZO DE LA TEMPERATURA, 1961-2006**  
*(En grados centígrados)*

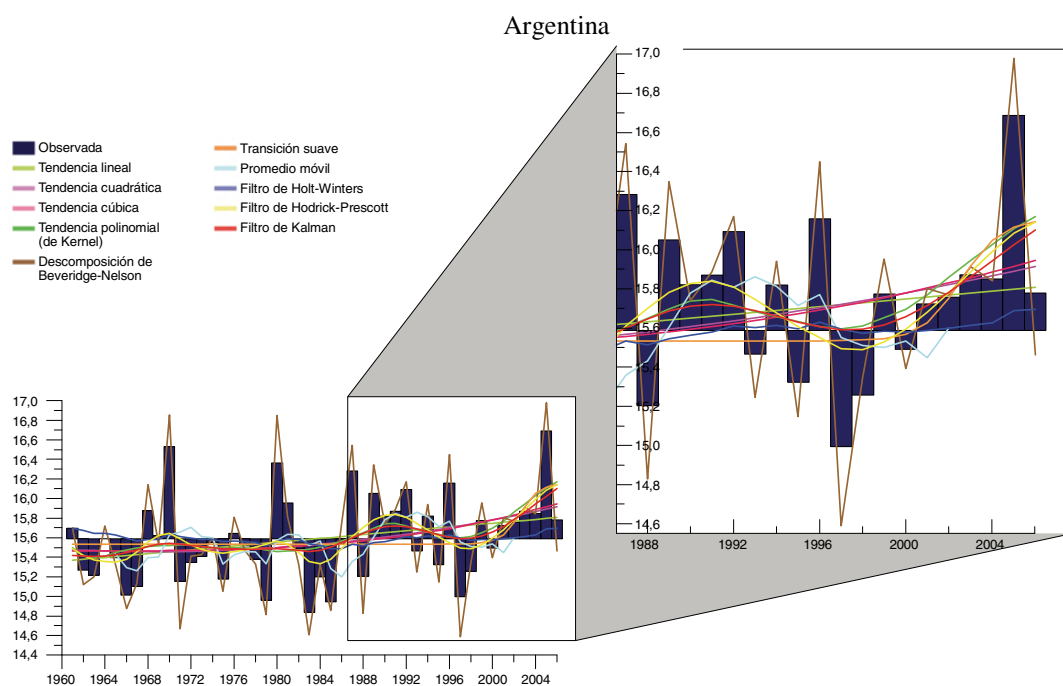
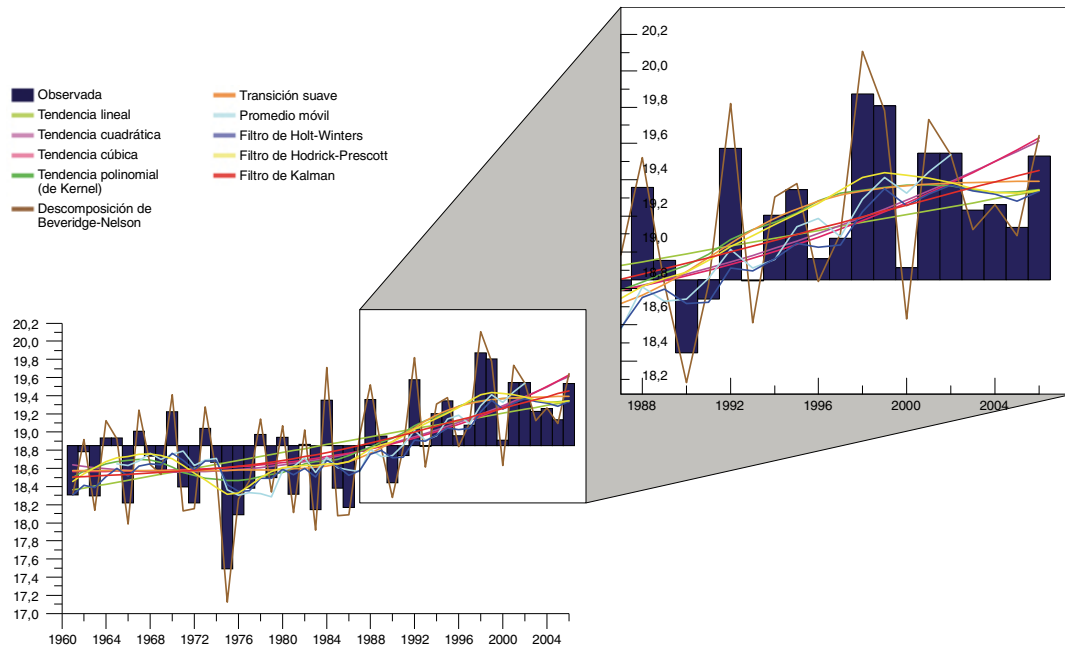


Gráfico IV.2 (continuación)

## Bolivia (Estado Plurinacional de)



## Brasil

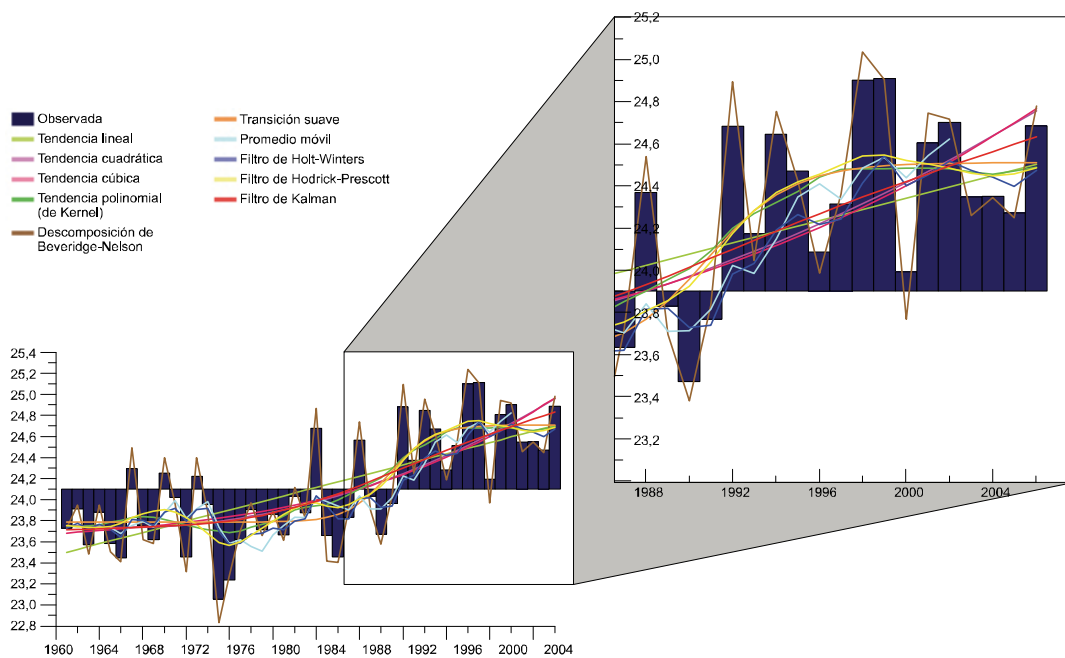
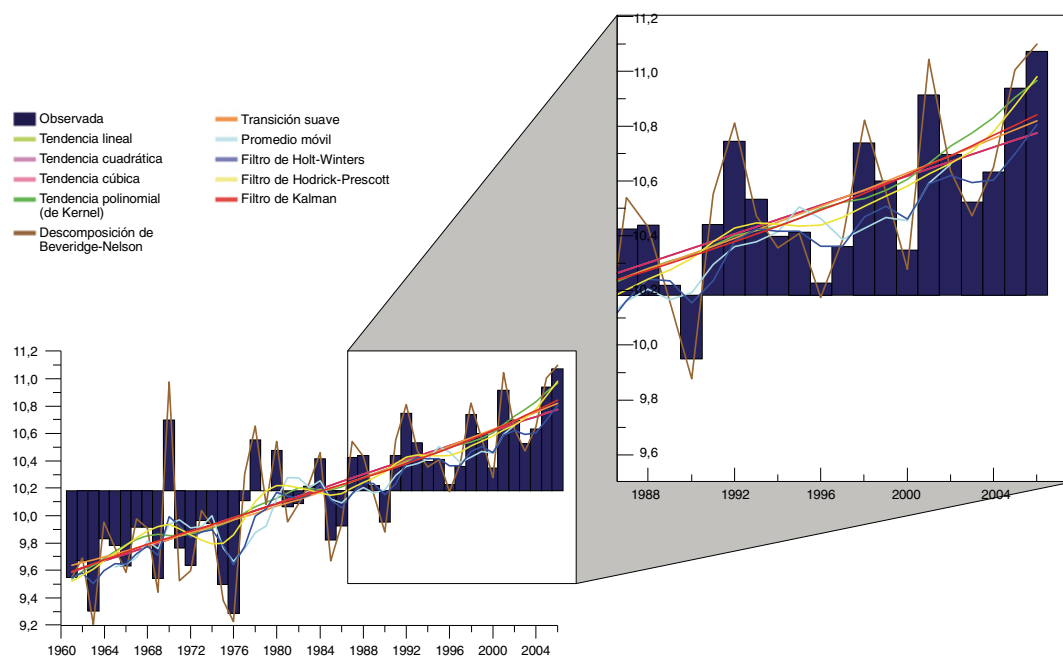


Gráfico IV.2 (continuación)

## Chile



## Colombia

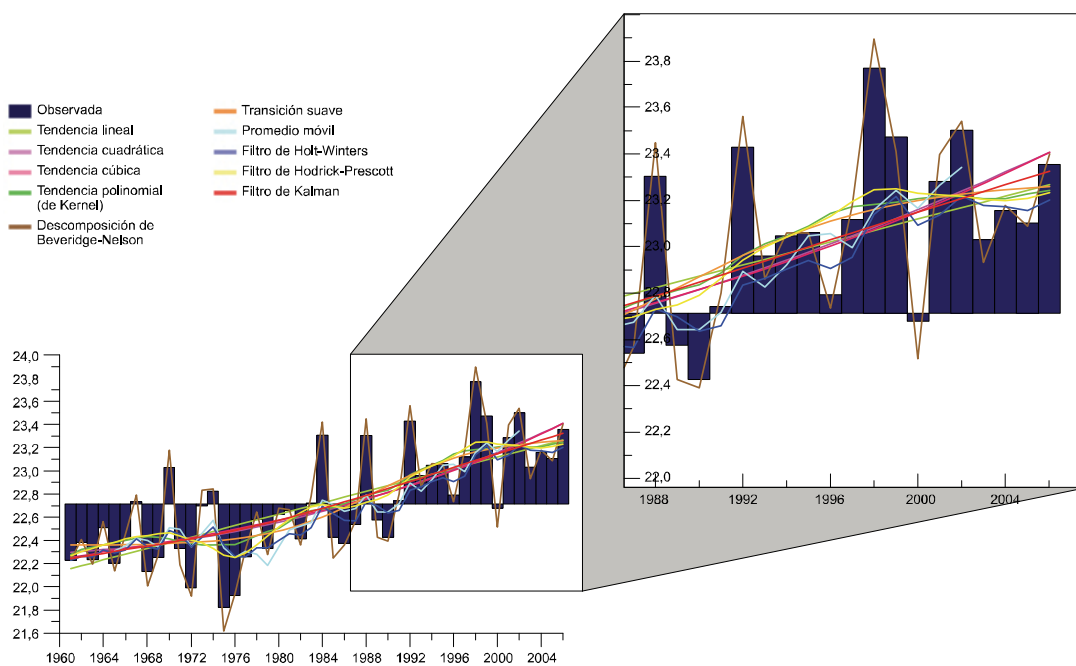
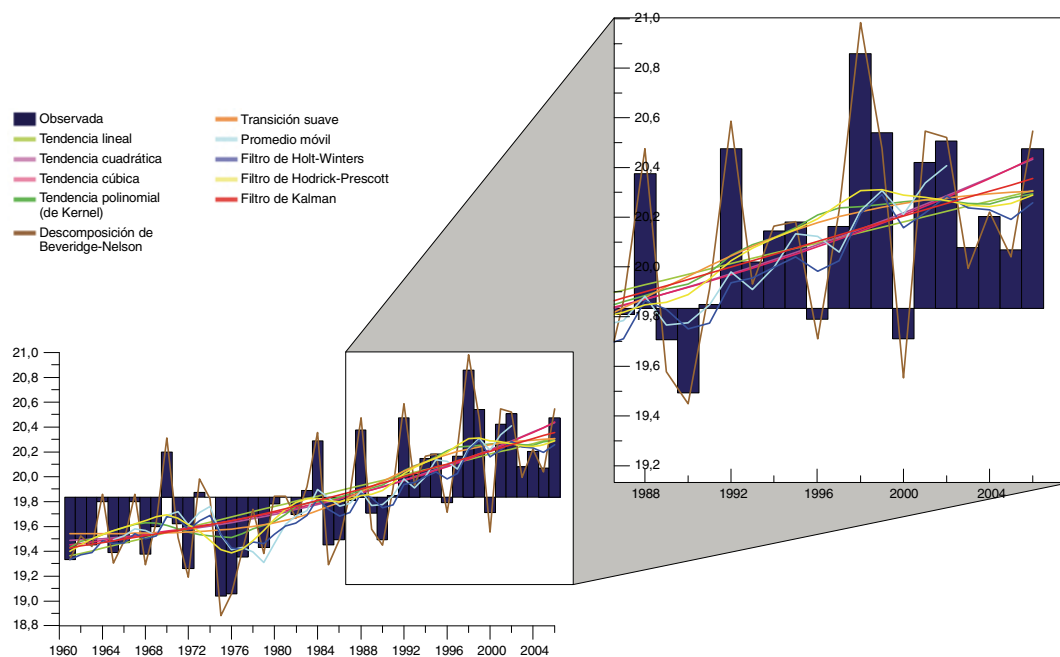


Gráfico IV.2 (continuación)

## Ecuador



## Paraguay

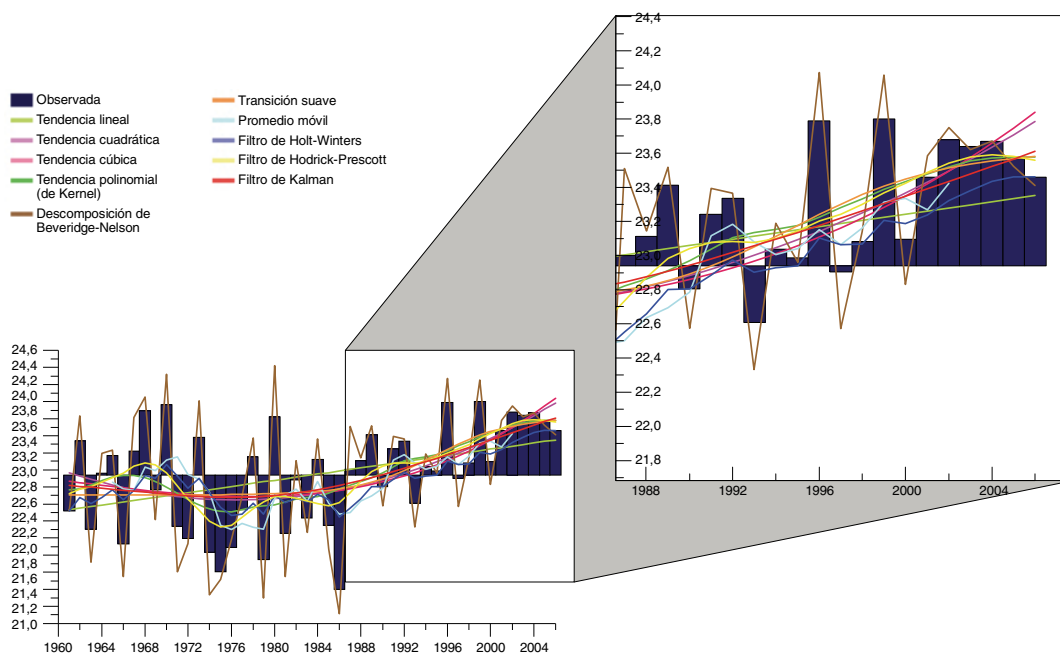
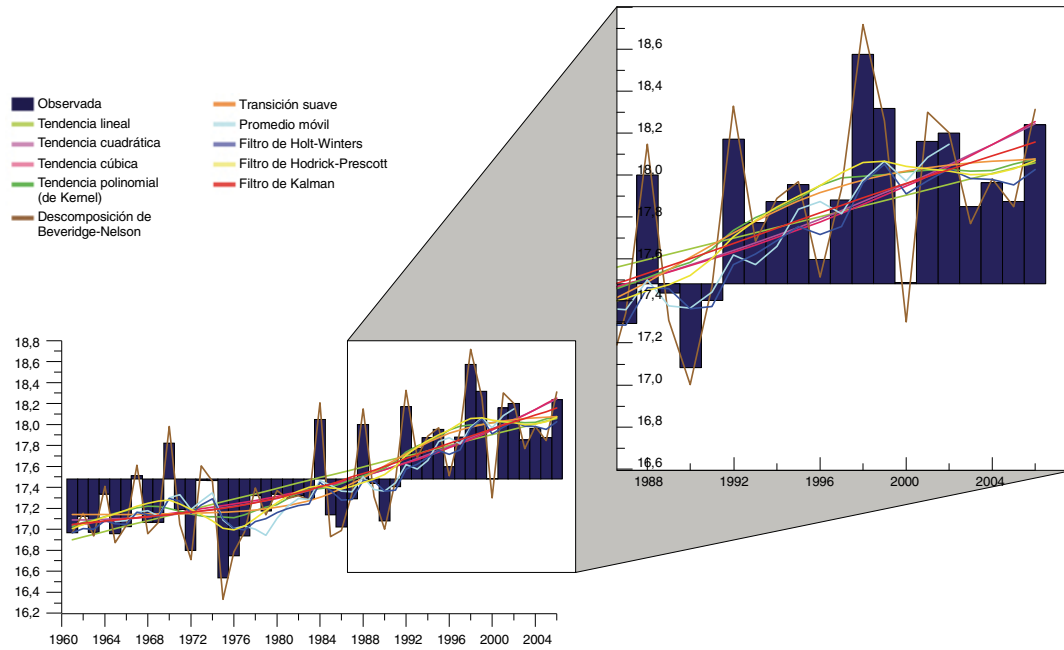




Gráfico IV.2 (continuación)

## Perú



## Uruguay

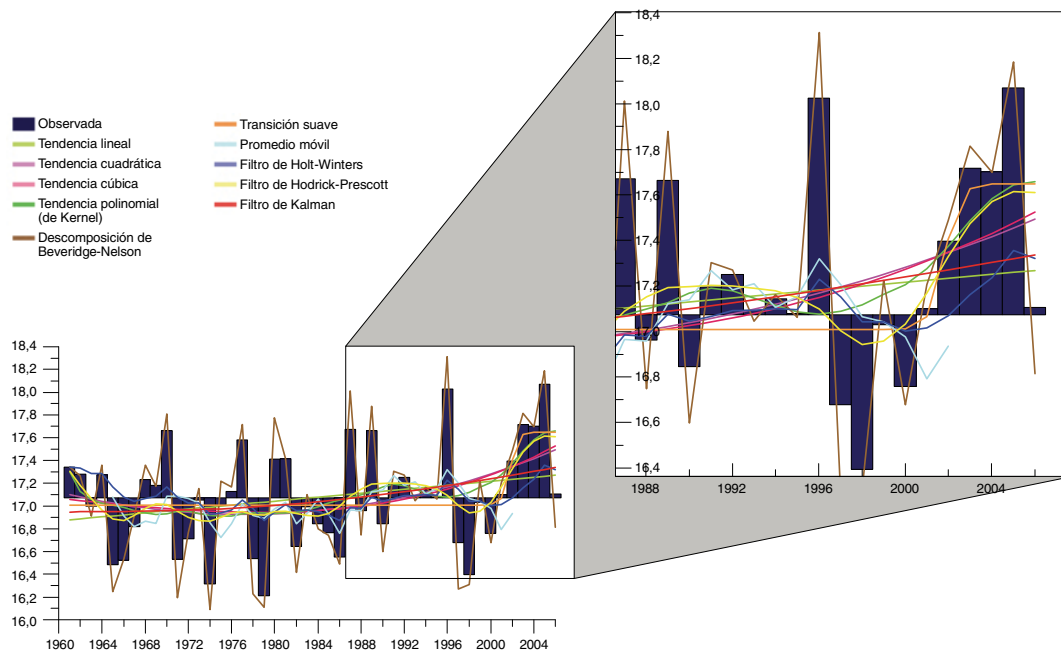
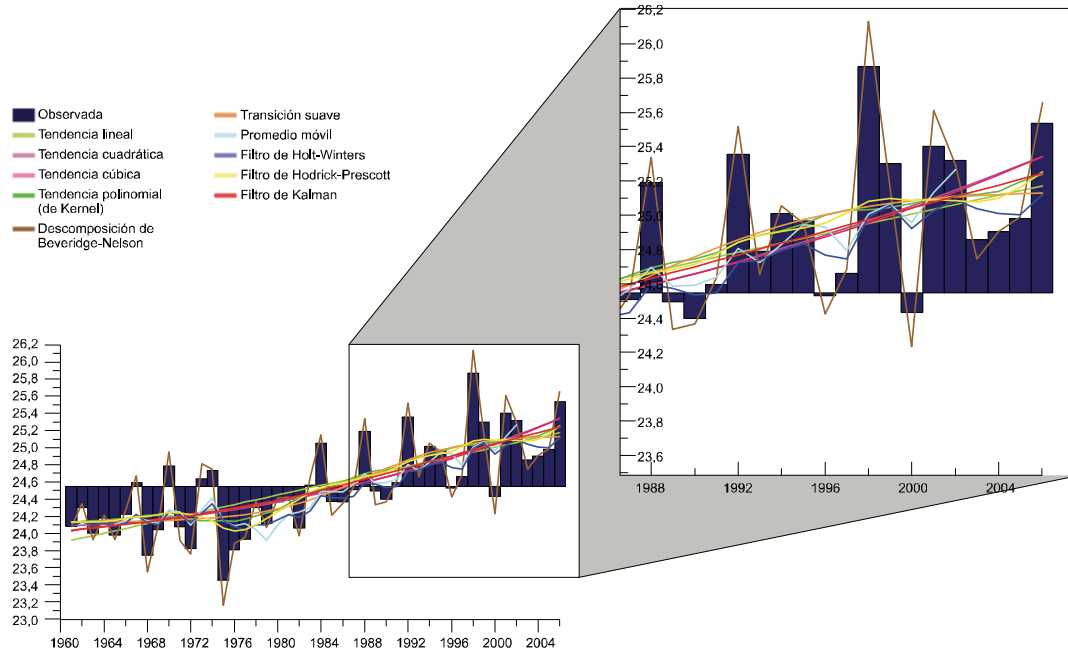


Gráfico IV.2 (conclusión)

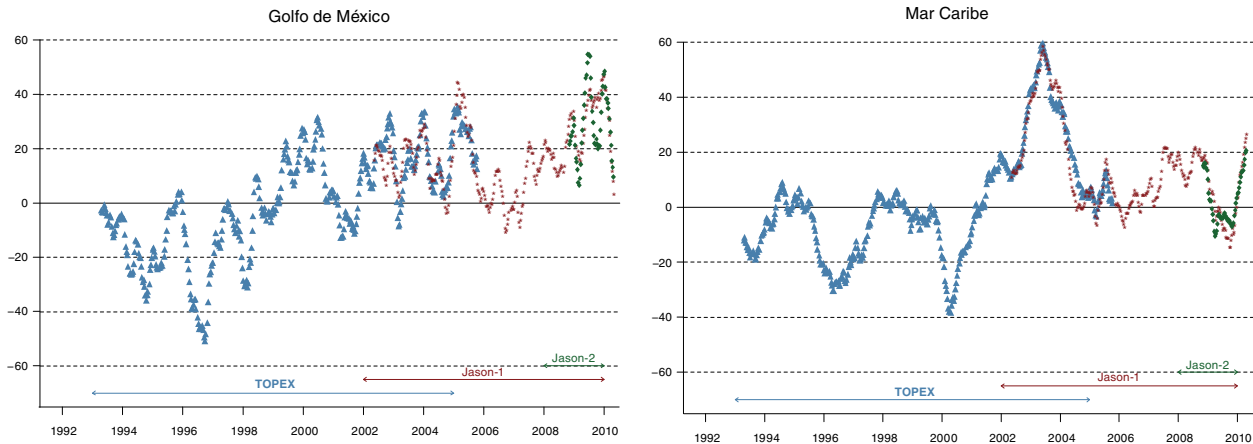
## Venezuela (República Bolivariana de)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) del Brasil [en línea] <http://precis.metoffice.com>.

Asimismo, los registros históricos sobre el aumento del nivel del mar muestran una tendencia positiva para el Golfo de México y el Mar Caribe (véase el gráfico IV.3). El Golfo de México presenta un aumento más pronunciado, con una tendencia de alrededor de  $2,8 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$  al año, mientras que en el Mar Caribe se observa un aumento de  $1,6 \text{ mm} \pm 0,4 \text{ mm}$  por año.

Gráfico IV.3  
**GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE: AUMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR SEGÚN MEDICIONES DE LOS SATÉLITES TOPEX, JASON-1 Y JASON-2, 1992-2010<sup>a</sup>**  
*(En milímetros)*



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos del Organismo Nacional del Océano y de la Atmósfera de los Estados Unidos (NOAA) [en línea] [http://ibis.grdl.noaa.gov/SAT/slr/LSA\\_SLR\\_timeseries\\_regional.php](http://ibis.grdl.noaa.gov/SAT/slr/LSA_SLR_timeseries_regional.php).

<sup>a</sup> Se eliminaron las señales de estacionalidad. Promedios móviles de 12 meses. Los datos de altimetría provienen del Laboratory for Satellite Altimetry del NOAA [en línea] [http://ibis.grdl.noaa.gov/SAT/slr/LSA\\_SLR\\_timeseries\\_global.php](http://ibis.grdl.noaa.gov/SAT/slr/LSA_SLR_timeseries_global.php). Se eliminaron las señales de estacionalidad. Promedios móviles de seis meses.

Las proyecciones climáticas para América Latina y el Caribe indican que continuará el aumento paulatino pero persistente del promedio de temperatura, aunque con diferencias según las regiones, y que habrá cambios en los patrones de cantidad, intensidad y frecuencia de las precipitaciones (véanse los mapas IV.2 y IV.3 y los cuadros IV.1 y IV.2). Se observa además una creciente variabilidad climática, con un consecuente aumento de eventos de temperatura extrema, como olas de calor. En general, las proyecciones de América del Sur para este siglo indican un aumento progresivo de la media de temperatura de entre 1°C y 4°C en el escenario de emisiones más bajas (B2), y de entre 2°C y 6°C en el escenario de emisiones más altas (A2) (véase el mapa IV.2)<sup>5</sup>.

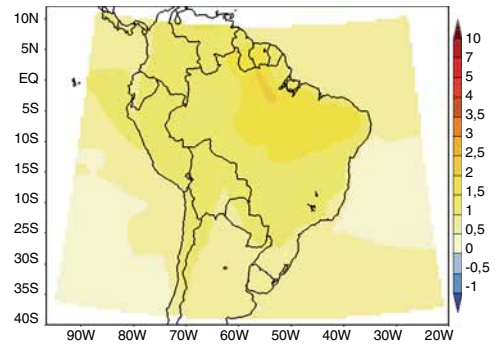
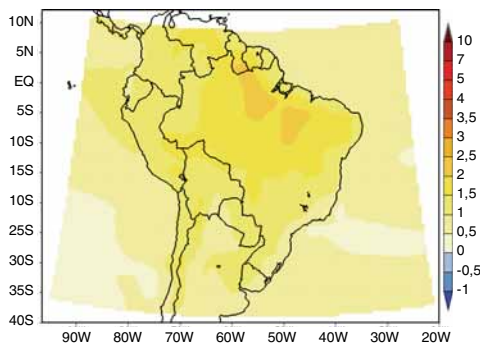
<sup>5</sup> El escenario A2 se refiere a una economía internacional dinámica con un uso intensivo de combustibles fósiles, que genera un aumento de las concentraciones de GEI en la atmósfera con valores muy superiores a los actuales. En el escenario B2, habría una menor concentración de GEI y, por ende, un menor nivel de impacto asociado al calentamiento global.

Mapa IV.2  
**AMÉRICA DEL SUR: PROYECCIONES DE TEMPERATURA<sup>a</sup>**  
*(En grados centígrados)*

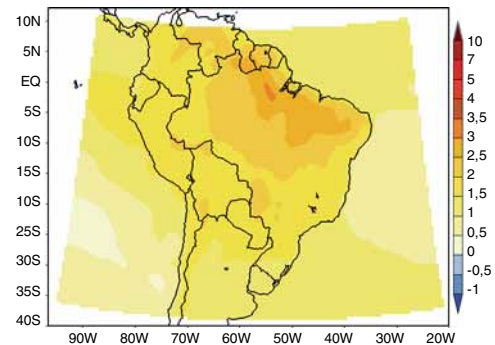
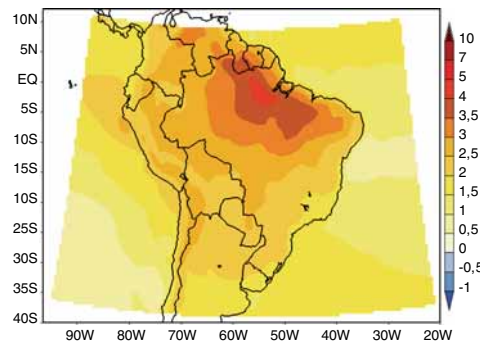
Escenario A2

Escenario B2

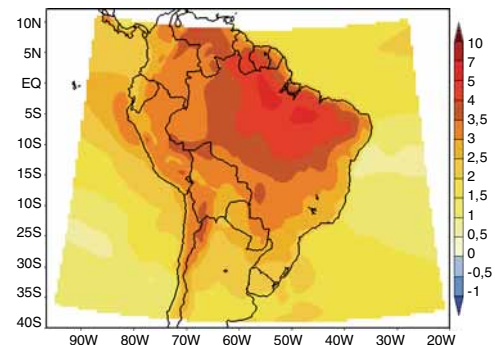
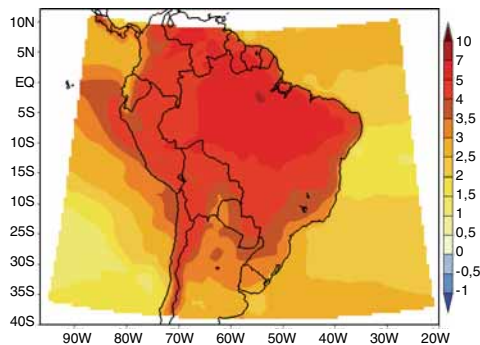
2011-2040



2041-2070



2071-2100

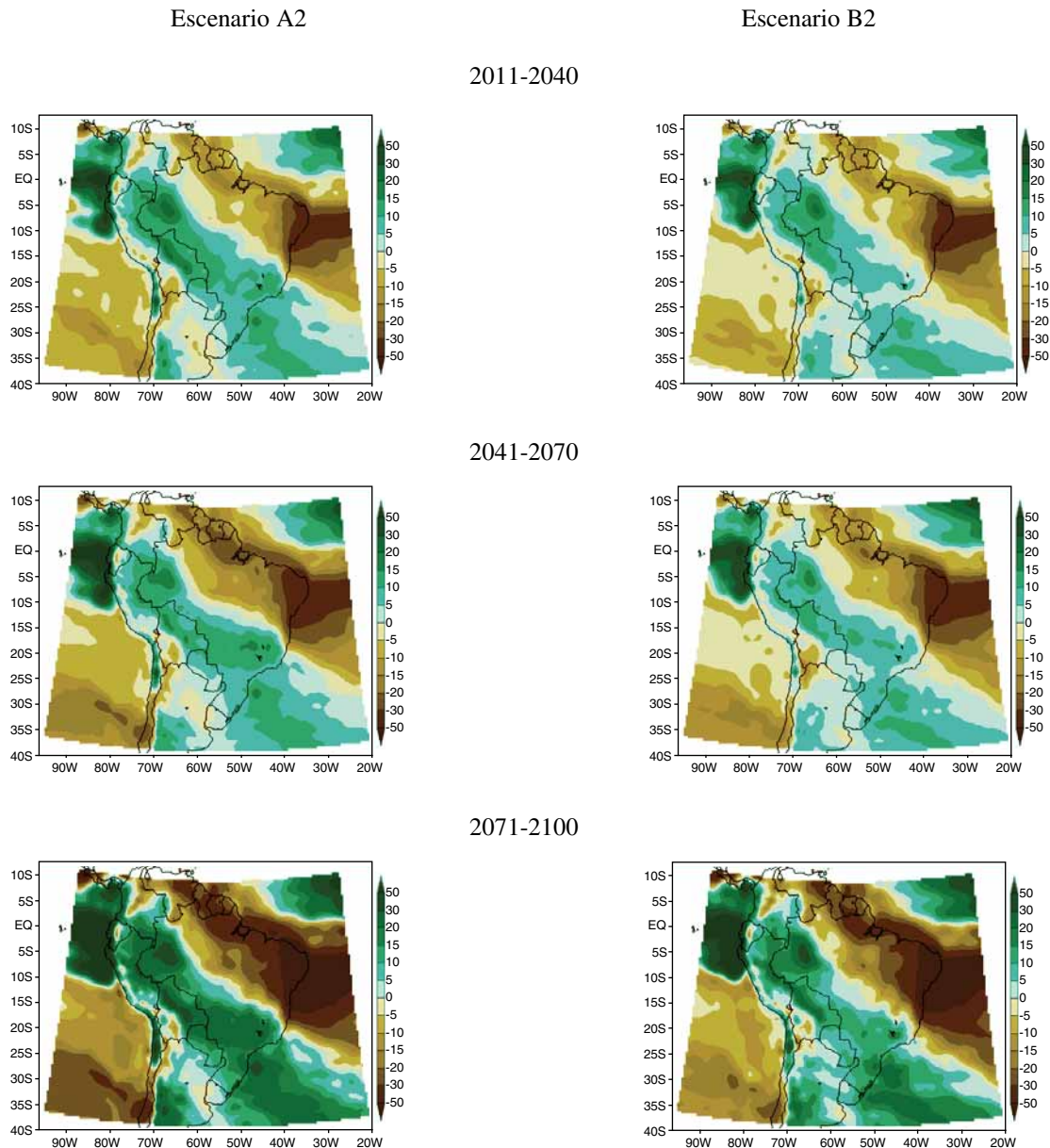


**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) del Brasil.

<sup>a</sup> Cambios proyectados en la temperatura atmosférica anual para los períodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, correspondientes a los escenarios A2 y B2, derivados del modelo HadRM3P. La escala cromática se muestra a la derecha de cada panel.

Los cambios en la precipitación son más complejos y sus proyecciones regionales muestran un mayor nivel de incertidumbre. De este modo, para las zonas centrales y tropicales de América del Sur las proyecciones oscilan entre una reducción del 20% al 40% y un aumento del 5% al 10% en el período 2071-2100 (véase el mapa IV.3).

Mapa IV.3  
AMÉRICA DEL SUR: PROYECCIONES DE PRECIPITACIONES<sup>a</sup>  
(En porcentajes)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) del Brasil.

<sup>a</sup> Cambios proyectados en la precipitación para 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100 correspondientes a los escenarios A2 y B2, derivados del modelo HadRM3P. La escala cromática se muestra a la derecha de cada panel.

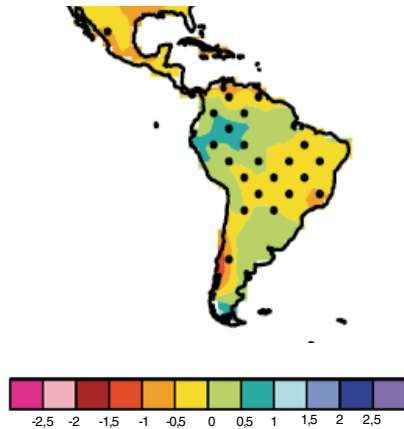
Las proyecciones climáticas muestran un persistente aumento de eventos climáticos extremos (véase el mapa IV.4). Se espera una intensificación de las lluvias en el centro de México, las regiones tropicales y el sureste de América del Sur, donde el promedio de las cifras que arrojan los modelos climáticos indican un aumento de la precipitación del 10%, con una tendencia creciente en el noroeste del Ecuador, el Perú, el sureste de América del Sur y reducciones en el este de la Amazonía y el nordeste del Brasil, en el centro-norte de Chile y en la mayor parte de México y Centroamérica. Las proyecciones de días secos consecutivos tienden a incrementarse en México, Centroamérica y en toda América del Sur (excepto el Ecuador, el noreste del Perú y Colombia), asociadas a cambios positivos o negativos en la precipitación menores al 10%. A pesar de que la intensidad en la precipitación se incrementa en general en América Latina y Centroamérica, se observan también períodos más largos entre las lluvias (más días secos consecutivos) y una disminución en el promedio de precipitación. Asimismo, en la mayor parte de América del Sur y Centroamérica se perciben cambios positivos en la temperatura. Con respecto a las olas de calor, se proyecta un aumento significativo para toda América Latina, con mayor énfasis en el Caribe y en el sureste de América del Sur y Centroamérica. A su vez, se prevé un aumento continuo y significativo de noches más cálidas en toda América Latina, sobre todo en México y Centroamérica y en la región subtropical de América del Sur.

Los patrones de cambio climático proyectados para América Latina hasta 2100 se sintetizan en el mapa IV.5. Los cambios están basados en las variaciones de los promedios y extremos climáticos proyectados, como se muestra en Meehl y otros (2007), Christensen y otros (2007) y Magrin y otros (2007).

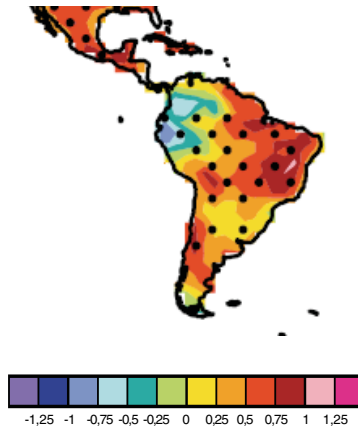
La evidencia disponible para el período 1950-2000 correspondiente a Centroamérica muestra un aumento de temperaturas acompañado de una mayor variabilidad (véase el mapa IV.6). En los mapas de precipitación se puede apreciar la concentración de lluvias en el período que va aproximadamente de mayo a octubre y la variación en el régimen de lluvias en la costa del Atlántico con respecto a la costa del Pacífico y la zona norte del istmo con respecto a la zona sur (véase el mapa IV.7). Además, existe una alta variabilidad interanual asociada a menudo con los fenómenos de El Niño y la Oscilación Austral. Los cambios proyectados en el clima se sintetizan en el cuadro IV.1.

Mapa IV.4  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: PATRONES ESPACIALES DE CAMBIO DE EXTREMOS CLIMÁTICOS EN EL ESCENARIO A1B, SEGÚN PROMEDIOS DE MÚLTIPLES MODELOS<sup>a</sup>**

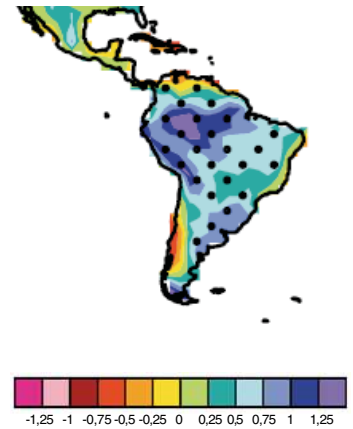
Días con precipitación superior a 10 mm



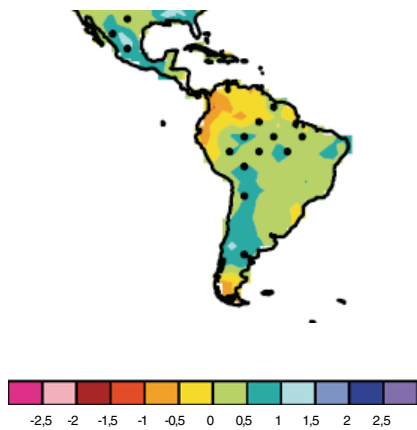
Días secos consecutivos



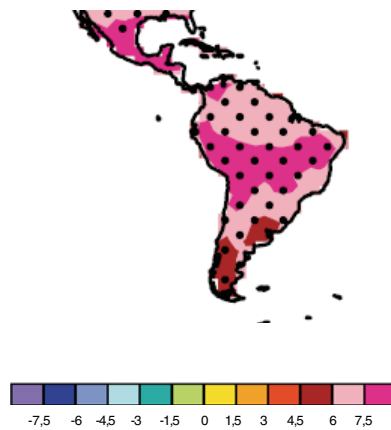
Intensidad de precipitación<sup>b</sup>



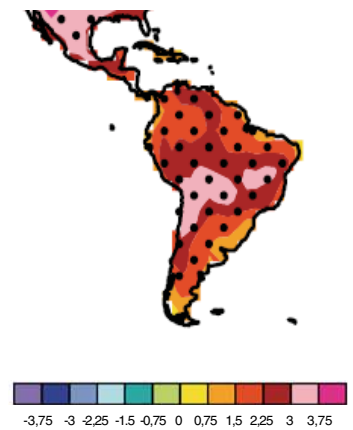
Rango de la temperatura<sup>c</sup>



Noches cálidas



Olas de calor<sup>d</sup>



**Fuente:** C. Tebaldi y otros, "Going to the extremes: an intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events", *Climatic Change*, vol. 79, N° 3-4, 2006.

<sup>a</sup> Se muestra la diferencia entre los promedios de períodos de 20 años (2080-2099 y 1980-1999). Se estandarizó el valor para cada modelo y posteriormente se calculó el promedio de los diversos modelos. Las regiones punteadas corresponden a áreas donde por lo menos cinco de cada nueve modelos coinciden en determinar que los cambios son estadísticamente significativos.

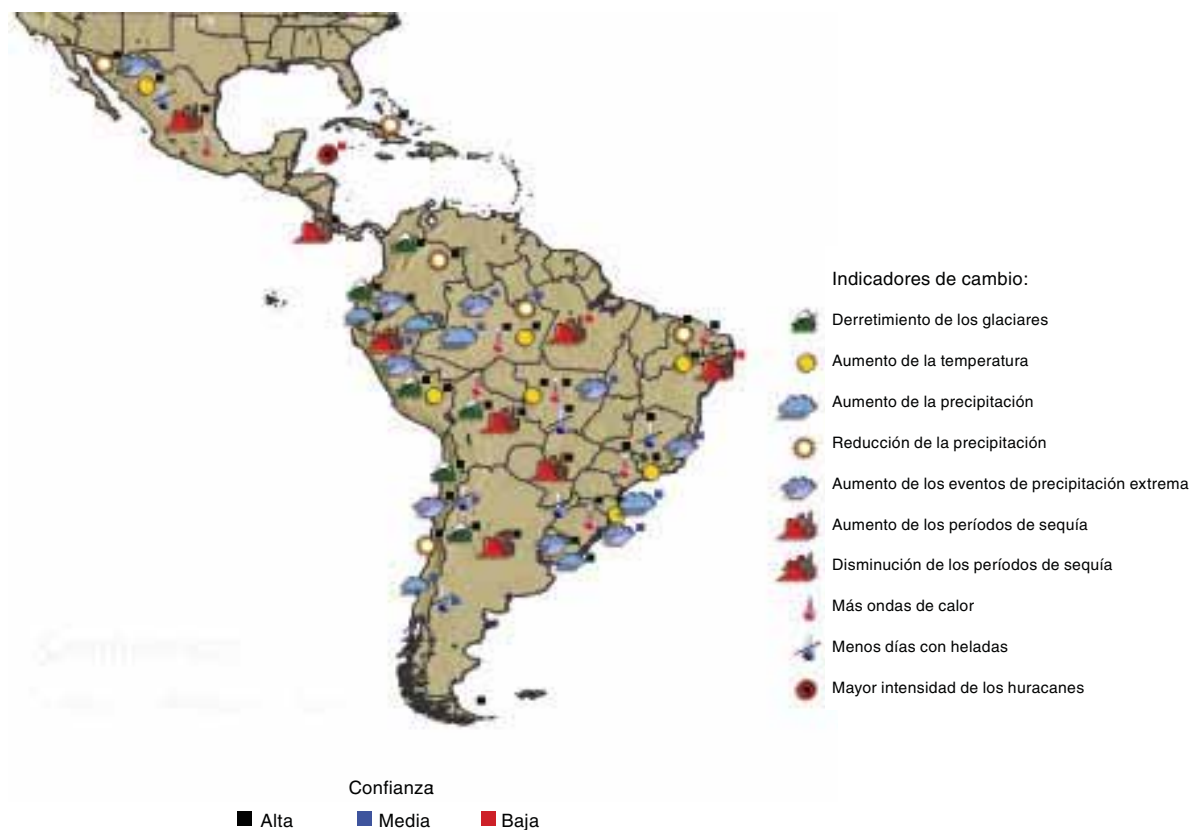
<sup>b</sup> Definida como el total de la precipitación anual dividido por el número de días lluviosos.

<sup>c</sup> Definido como la diferencia entre la temperatura más alta del año respecto de la más baja.

<sup>d</sup> Definido como el período máximo de al menos cinco días consecutivos con temperatura más alta en al menos 5°C de la norma climatológica para el mismo día del calendario.



Mapa IV.5  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: SÍNTESIS DE LOS PATRONES DE CAMBIO CLIMÁTICO  
 PROYECTADOS HASTA 2100<sup>a</sup>**

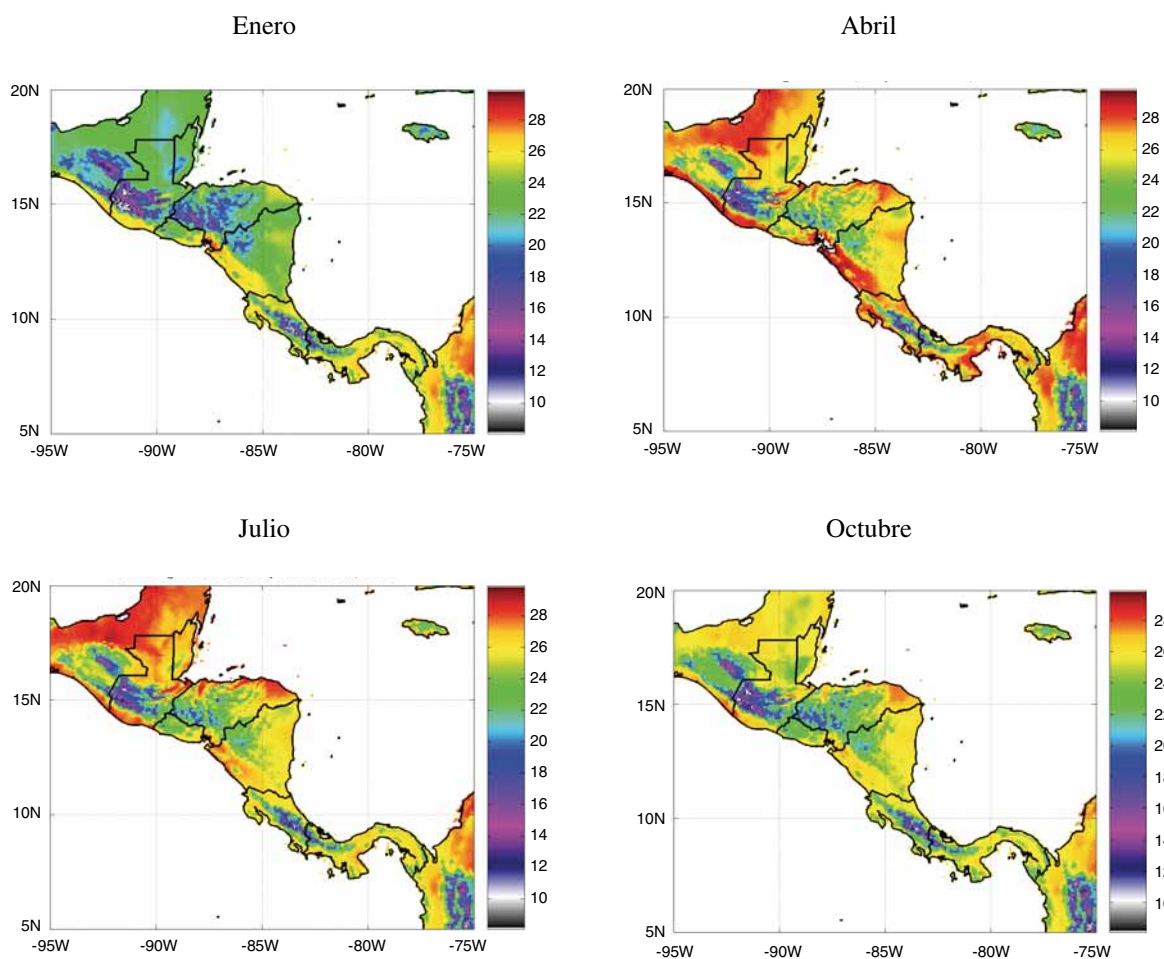


**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) del Brasil.

<sup>a</sup> Los indicadores de confianza se basan en la coincidencia estadísticamente significativa en el signo del cambio en cierto número de modelos (al menos un 80% de ellos para un nivel de confianza alto, entre un 50% y un 80% para un nivel de confianza medio y menos de un 50% para un nivel de confianza bajo).

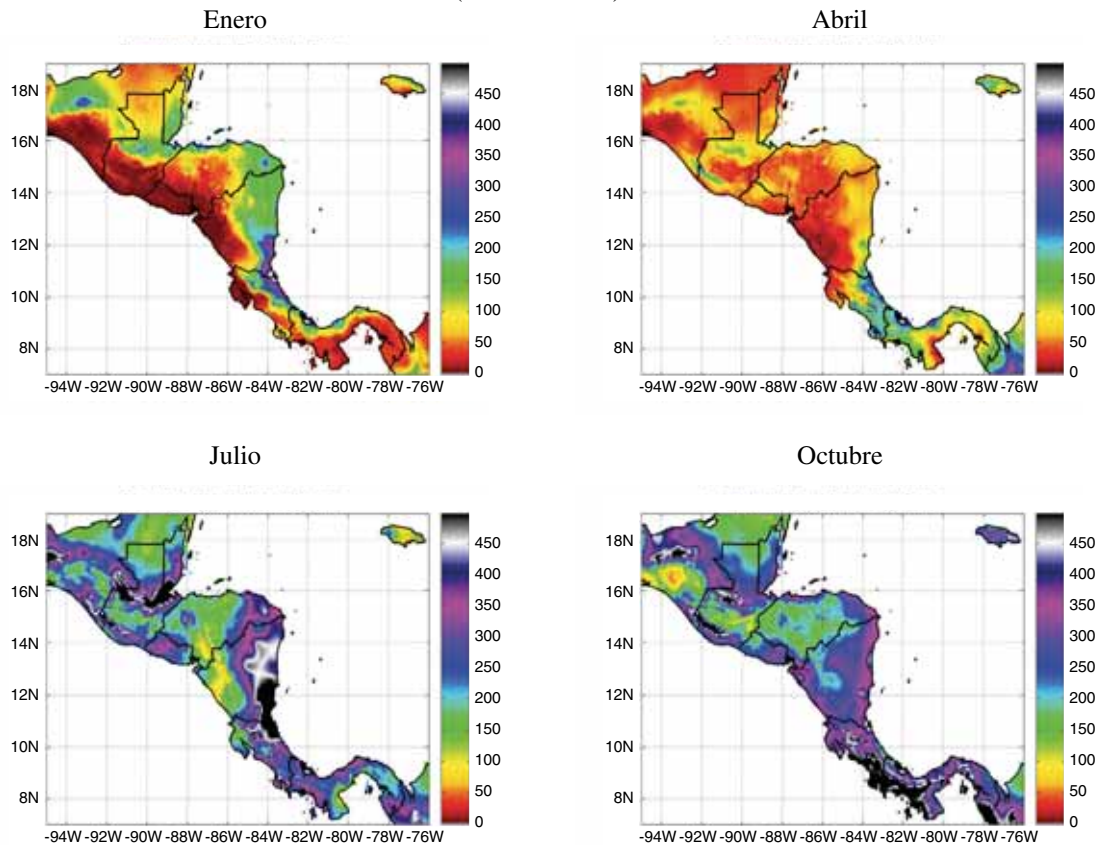


Mapa IV.6  
**CENTROAMÉRICA: CLIMATOLOGÍA DE LA TEMPERATURA MEDIA, ENERO, ABRIL,  
JULIO Y OCTUBRE, 1950-2000**  
(En grados centígrados)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Mapa IV.7  
**CENTROAMÉRICA: CLIMATOLOGÍA DE LA PRECIPITACIÓN, ENERO, ABRIL,  
 JULIO Y OCTUBRE, 1950-2000**  
 (En milímetros)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Cuadro IV.1  
**CENTROAMÉRICA: CAMBIOS PROYECTADOS EN LA TEMPERATURA  
 Y LA PRECIPITACIÓN, 2020, 2050 Y 2080**  
 (En grados centígrados y porcentajes)

Estación	Cambios en la temperatura (en grados centígrados)		
	2020	2050	2080
Seca	+0,4 a +1,1	+1,0 a +3,0	<b>+1,0 a +5,0</b>
Húmeda	+0,5 a +1,7	+1,0 a +4,0	<b>+1,3 a +6,6</b>
	Cambios en la precipitación (en porcentajes)		
	2020	2050	2080
Seca	-7 a +7	-12 a +5	-20 a +8
Húmeda	-10 a +4	-15 a +3	-30 a +5

**Fuente:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), *Cambio climático 2007: impactos y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al cuarto informe de evaluación del IPCC. Resumen para responsables de políticas*, M.L. Parry y otros (eds.), Cambridge University Press, 2007.

Los escenarios climáticos puntuales para el Caribe presentan un alto nivel de incertidumbre (IPCC, 2007a); no obstante, en el cuadro IV.2 se muestran las proyecciones para esa subregión y el Atlántico. Por otra parte, la evidencia existente sugiere un posible incremento de eventos extremos, principalmente huracanes.

Cuadro IV.2  
**EL CARIBE Y COSTAS DEL OCÉANO ATLÁNTICO: ESCENARIOS CLIMÁTICOS**

Variable climática	Escenario climático
Temperatura	Se proyecta un incremento de entre 0,8°C y 2,5°C para 2050 y de 0,9°C a 4°C para 2080
Precipitación	Se espera una variación de un -36,3% a un +34,2% en 2050 y de un -49,3% a un +28,9% a fines del siglo
Nivel del mar	A fines del siglo podría incrementarse en 35 cm
Eventos extremos	Incremento de la frecuencia de huracanes de entre un 5% y un 10% en el siglo

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), *Climate Change 2007 - The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press, 2007; y *Cambio climático 2007: impactos y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al cuarto informe de evaluación del IPCC. Resumen para responsables de políticas*, M.L. Parry y otros (eds.), Cambridge University Press, 2007.

## MENSAJES PRINCIPALES

- La evidencia científica muestra que el calentamiento global asociado al aumento de las emisiones de GEI provenientes de actividades antropogénicas está ocasionando cambios climáticos discernibles, como un aumento de la temperatura, modificaciones en los patrones de precipitación, reducción de la criósfera, alza del nivel de mar y modificaciones en los patrones de eventos climáticos extremos. En América Latina y el Caribe la evidencia del cambio climático es consistente con la evidencia internacional, aunque con algunas diferencias regionales significativas.
- Las proyecciones realizadas bajo distintos escenarios indican que existe una alta probabilidad de que se observe un aumento medio de la temperatura de entre 1°C y 6°C (con mayor probabilidad entre 2°C y 4°C), acompañado de modificaciones en los patrones de precipitación con oscilaciones al alza de entre un 5% y un 10% y reducciones de entre un 20% y un 40%. Además, se espera un derretimiento de los glaciares en los países andinos, una modificación de los patrones de eventos extremos en áreas como el Caribe, Centroamérica y las zonas tropicales y subtropicales de América del Sur, y posibles modificaciones en eventos climáticos como El Niño.

## V. EVOLUCIÓN MACROECONÓMICA

La evolución de largo plazo de las economías de América Latina y el Caribe es, sin duda, resultado de una compleja matriz de factores e interrelaciones. No obstante, es posible identificar un conjunto de patrones regulares empíricos que permiten construir escenarios futuros con sus respectivas líneas base o inerciales (*business-as-usual* o BAU). En este contexto, las características fundamentales de las economías de América Latina y el Caribe que permiten identificar y formular estas líneas base son las que se indican a continuación.

a) El conjunto de los países de América Latina y el Caribe muestran en el largo plazo, al igual que las economías modernas, una trayectoria ascendente del producto interno bruto (PIB) per cápita con oscilaciones en torno a una tendencia (CEPAL, 2009b). En este patrón regular del PIB per cápita puede desagregarse en un componente tendencial que incluye los movimientos regulares de largo plazo y un componente cíclico representado por las desviaciones temporales de las tendencias de largo plazo. También es común considerar que los movimientos de largo plazo incluyen una tendencia determinística o estocástica, lo que indica la presencia de un comportamiento no estacionario.

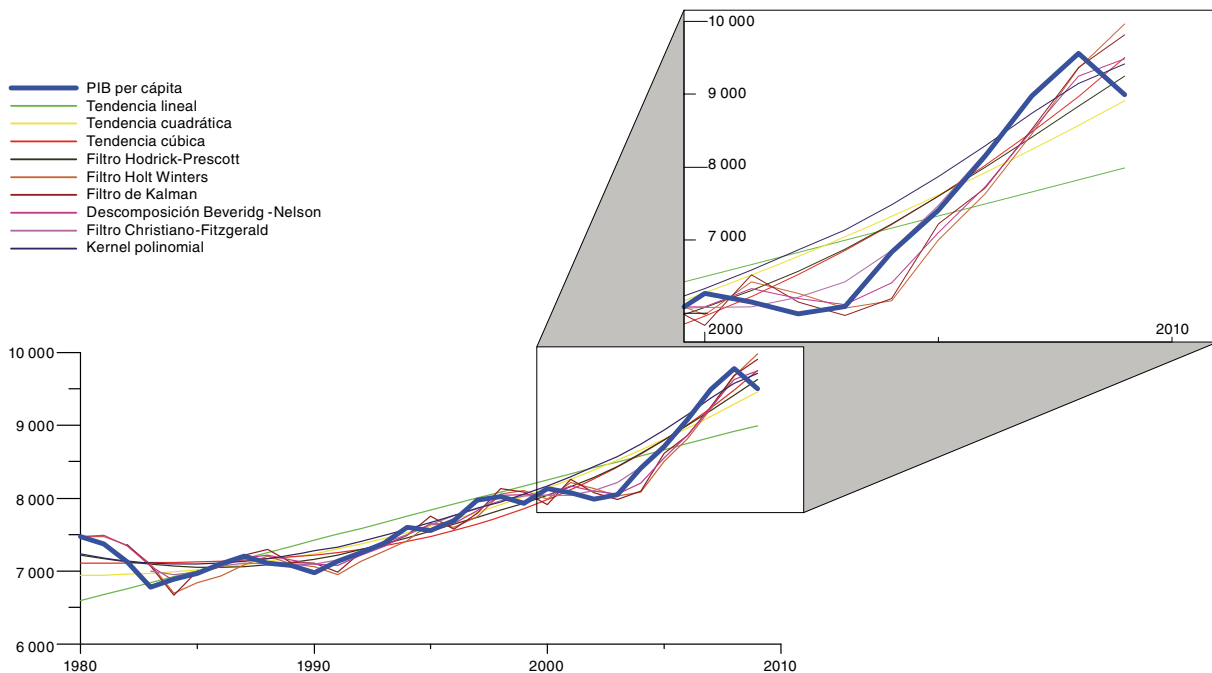
Estos procesos de desagregación de los componentes no observables pueden realizarse utilizando diversas técnicas, si bien no existe consenso sobre la mejor especificación del modelo o forma de estimación, ni garantía de unicidad en el proceso de descomposición; además, distintos modelos tendenciales generan diferentes componentes cíclicos con el riesgo potencial de generar resultados espurios. En este sentido, la aplicación simultánea de un amplio espectro de métodos de descomposición de las series permite obtener evidencia robusta sobre estos patrones regulares, en particular sobre la existencia de una tendencia ascendente en el PIB per cápita.

En el análisis de la trayectoria del PIB per cápita se utiliza, complementando el documento anterior (CEPAL, 2009b), el PIB per cápita en paridad del poder adquisitivo (PPA) en dólares de 2005, dado que se busca reflejar de mejor manera las condiciones de una economía en comparación con el resto del mundo<sup>1</sup>. El análisis de componentes no observados del PIB per cápita en paridad del poder adquisitivo de América Latina y el Caribe confirma la presencia de una tendencia de largo plazo; no obstante, persiste un importante nivel de incertidumbre sobre el valor específico de esta tendencia (véanse el gráfico V.1 y el cuadro V.1).

Asimismo, se observa que las tasas de crecimiento del PIB per cápita en paridad del poder adquisitivo son distintas según el período. De este modo, la tasa media de crecimiento histórica del PIB per cápita (1980-2009) de América Latina y el Caribe es relativamente baja, del 0,83% anual (véanse el gráfico V.2 y el cuadro V.2), lo que muestra una marcada variabilidad que se descompone en una tasa de crecimiento anual del PIB per cápita del -0,68% para el período 1980-1990 (que se denominó la “década perdida” de América Latina), del 1,55% para el período 1990-2000 y del 1,73% para el período 2000-2009. Este comportamiento muestra un aumento del dinamismo económico en la región, tal como revela el desplazamiento paulatino a la derecha de la distribución de probabilidades de las tasas de crecimiento del PIB per cápita en paridad del poder adquisitivo (panel inferior izquierdo del gráfico V.2). Asimismo, se observa que esta evolución económica de América Latina y el Caribe se compara desfavorablemente con la de otras regiones del mundo (véase el cuadro V.3), lo que parece indicar que es probable que el crecimiento económico futuro sea superior a la media histórica.

<sup>1</sup> Esto no modifica en el agregado los resultados anteriormente presentados, aunque algunas de las cifras son distintas, por ejemplo, las tasas de crecimiento que se reportan.

Gráfico V.1  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: TENDENCIA DEL PIB POR HABITANTE, 1980-2009**



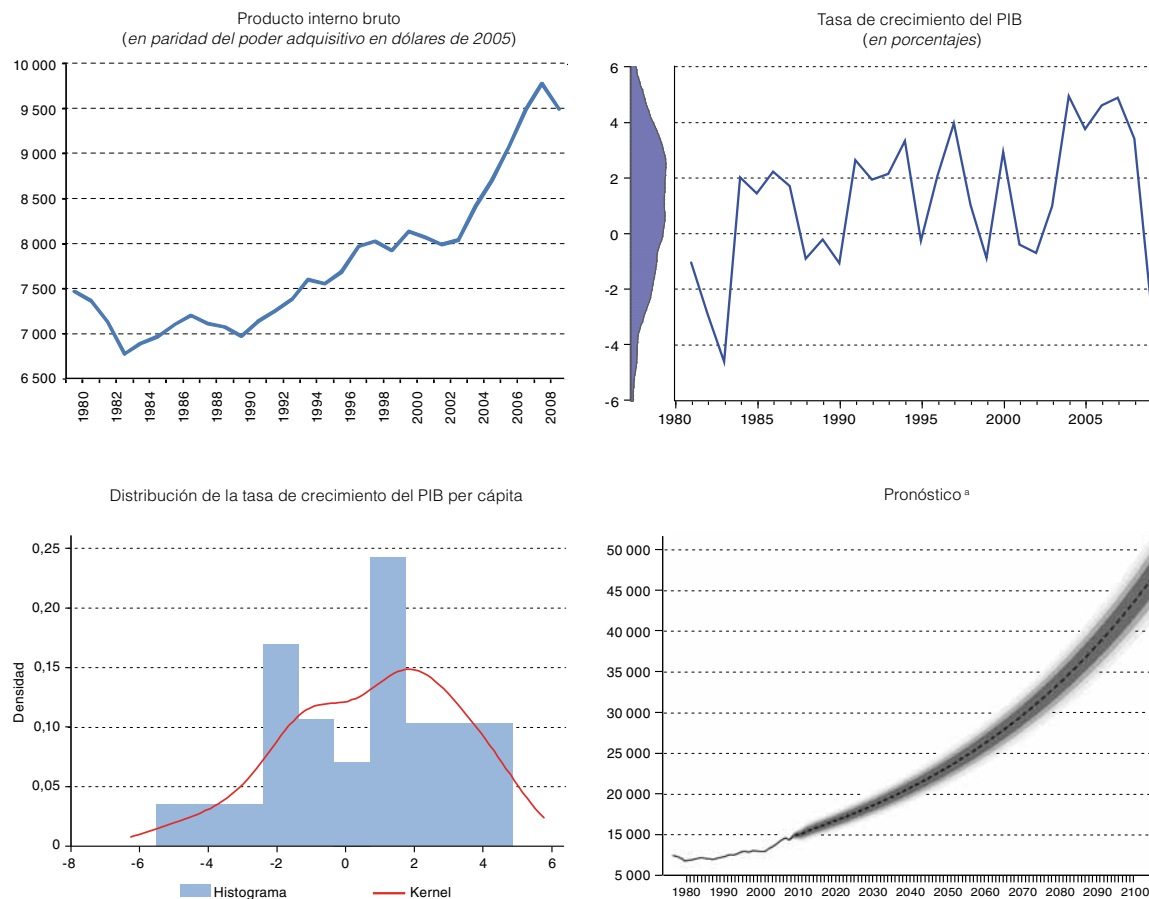
**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Banco Mundial, “World Development Indicators (WDI)” [base de datos en línea] <http://data.worldbank.org/indicator>, para producto interno bruto (PIB) medido en paridad del poder adquisitivo en dólares de 2005.

Cuadro V.1  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: TASAS DE CRECIMIENTO Y TENDENCIAS DEL PIB POR HABITANTE, 1980-2009**  
*(En porcentajes)*

	1980-1990	1990-2000	2000-2009	1980-2009
PIB por habitante	-0,68	1,55	1,73	0,83
Tendencia lineal	1,19	1,06	0,97	1,08
Tendencia cuadrática	0,42	1,17	1,68	1,07
Tendencia cúbica	0,15	1,00	2,25	1,09
Filtro de Hodrick-Prescott	-0,07	1,16	2,02	1,00
Filtro de Holt-Winters	-0,57	1,24	2,51	1,00
Filtro de Kalman	-0,44	1,08	2,53	1,10
Descomposición de Beveridge-Nelson	-0,52	1,26	2,16	0,92
Filtro de Christiano-Fitzgerald	0,19	1,26	2,09	1,15
Kernel polinomial	0,05	1,16	1,94	1,02

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Banco Mundial, “World Development Indicators (WDI)” [base de datos en línea] <http://data.worldbank.org/indicator>, para producto interno bruto (PIB) medido en paridad del poder adquisitivo en dólares de 2005.

Gráfico V.2  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: COMPORTAMIENTO DEL PIB PER CÁPITA, 1980-2009**



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Banco Mundial, “World Development Indicators (WDI)” [base de datos en línea] <http://data.worldbank.org/indicador>, para producto interno bruto (PIB) medido en paridad del poder adquisitivo en dólares de 2005.

<sup>a</sup> El gráfico de pronóstico (*fan chart*) muestra los niveles de confianza al 60%, 80%, 90% y 95%, respectivamente.

Cuadro V.2  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: CRECIMIENTO DEL PIB PER CÁPITA**  
 (En porcentajes)

Período	Tasa de crecimiento
1980-1990	-0,68
1990-2000	1,55
2000-2009	1,73
1980-2009	0,83

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Banco Mundial, “World Development Indicators (WDI)” [base de datos en línea] <http://data.worldbank.org/indicador>, para producto interno bruto (PIB) medido en paridad del poder adquisitivo en dólares de 2005.

Cuadro V.3  
**REGIONES DEL MUNDO: CRECIMIENTO DEL PIB PER CÁPITA**  
*(En porcentajes)*

Región	1980-1990	1990-2000	2000-2009	1980-2009
Zona del euro	2,12	1,88	0,55	1,55
Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE)	2,45	2,01	0,87	1,80
América del Norte	2,21	2,04	0,66	1,67
América Latina y el Caribe	-0,68	1,55	1,73	0,83
Oriente Medio y África septentrional	-1,33	1,70	2,32	0,83
África subsahariana	-1,05	-0,30	2,51	0,30
Asia oriental y Asia y el Pacífico	3,79	3,56	4,71	3,99
Asia meridional	3,19	3,26	5,30	3,86
Mundo	1,37	1,47	2,11	1,63

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Banco Mundial, “World Development Indicators (WDI)” [base de datos en línea] <http://data.worldbank.org/indicator>, para producto interno bruto (PIB) medido en paridad del poder adquisitivo en dólares de 2005.

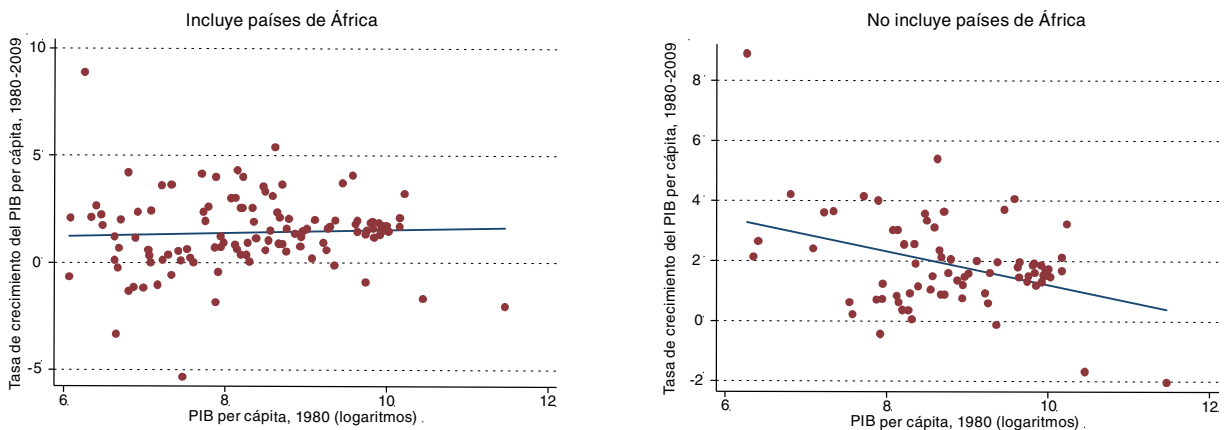
La trayectoria de la tasa de crecimiento del PIB per cápita de la región puede también aproximarse mediante un modelo autorregresivo integrado de media móvil (ARIMA), incluyendo además la función de distribución de probabilidades respectiva (*fan chart*)<sup>2</sup>. Así, el conjunto de la información, incluidas las trayectorias tendenciales, el modelo ARIMA y su distribución de probabilidad y la evidencia sobre el aumento del dinamismo regional reciente y las trayectorias internacionales sugieren que la tasa de crecimiento esperada del PIB per cápita en paridad del poder adquisitivo para América Latina, se ubicará, con un 60% de probabilidad, entre un 1,63% y un 1,75% en los próximos años, con una media inercial del 1,69%, que puede graficarse sobre la serie del PIB per cápita directamente (panel inferior derecho del gráfico V.2).

b) El comportamiento agregado de la economía de América Latina y el Caribe muestra disparidades importantes entre países; esto es congruente con la evidencia internacional. En efecto, los datos disponibles indican que las trayectorias de los PIB per cápita de los países de América Latina y el Caribe no muestran un proceso de convergencia absoluto (convergencia  $\beta$ ) (CEPAL, 2009b). Es decir, que la tasa de crecimiento de los países con menor PIB per cápita no es mayor que la de los países con un PIB per cápita superior. Así, la evidencia internacional muestra que para el período 1980-2009 no existe un proceso de convergencia absoluto a nivel global (véase el gráfico V.3)<sup>3</sup>. No obstante, se observan comportamientos diferenciados por regiones o por grupos de países. En efecto, al excluir los países de África, se observa una relación negativa entre la tasa de crecimiento del PIB per cápita y el nivel inicial del ingreso per cápita (véase el gráfico V.3). Asimismo, al agrupar los países por regiones del mundo se observan trayectorias muy diferenciadas.

<sup>2</sup> En la estimación se eliminó 2009 dado que representa un año anómalo que condiciona excesivamente las proyecciones.

<sup>3</sup> Cabe destacar que este resultado depende, en buena medida, del tipo de PIB per cápita utilizado.

Gráfico V.3  
**RELACIÓN ENTRE LAS TASAS MEDIAS DEL CRECIMIENTO DEL PIB PER CÁPITA (1980-2009)  
 Y EL PIB PER CÁPITA (1980) A NIVEL GLOBAL <sup>a</sup>**  
*(En porcentajes y logaritmos)*



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Banco Mundial, “World Development Indicators (WDI)” [base de datos en línea] <http://data.worldbank.org/indicator>, para producto interno bruto (PIB) medido en paridad del poder adquisitivo en dólares de 2005.

<sup>a</sup> Los datos corresponden a 116 países que disponen de información para el período de referencia en la base de datos del Banco Mundial.

La información disponible muestra, además, que en América Latina y el Caribe las tasas de crecimiento del PIB per cápita por país y por períodos son muy heterogéneas (véase el gráfico V.4). Asimismo, el tenue proceso de convergencia absoluto que se observa no es sostenido por la evidencia estadística, en que la regresión entre la tasa de crecimiento del PIB per cápita del período y el PIB per cápita de 1980 no muestra un coeficiente estadísticamente significativo (véase la ecuación 1) (CEPAL, 2009b).

Estos resultados no invalidan la existencia de un proceso de convergencia condicional de los PIB per cápita o de una convergencia por grupos de países relativamente homogéneos que se ajuste por un conjunto de variables y en que las probabilidades de transición y cambio de grupo sean bajas (CEPAL, 2009b).

La información sobre la evolución de la trayectoria del PIB per cápita de América Latina permite construir escenarios base sobre las trayectorias del PIB per cápita de América Latina y por países atendiendo a su comportamiento histórico.

En suma, los principales mensajes son:

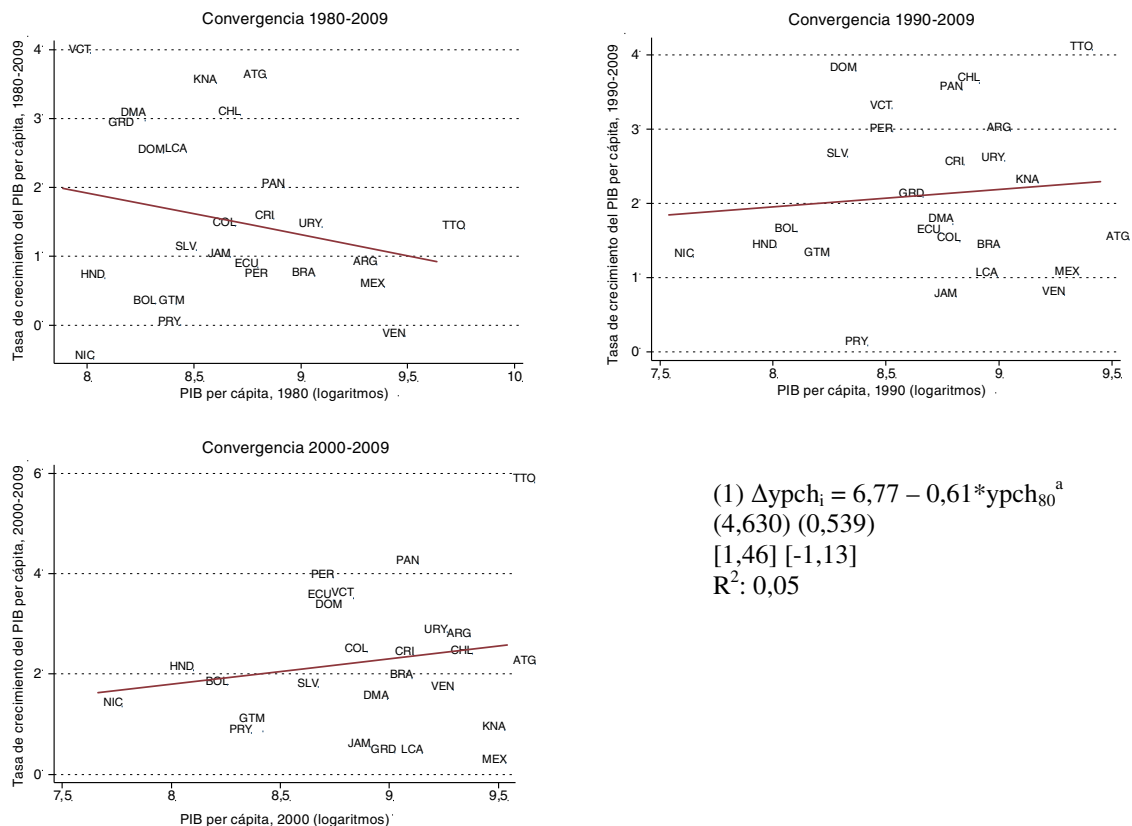
La evolución de las economías de América Latina y el Caribe muestra patrones regulares históricos sobre los que pueden construirse las líneas base de largo plazo para el análisis de la economía del cambio climático, que no deben considerarse proyecciones puntuales. En principio, estos patrones regulares permiten destacar los siguientes puntos:

- Las economías de América Latina y el Caribe muestran una trayectoria ascendente con oscilaciones en torno a una tendencia.



- Las tasas de crecimiento anual muestran importantes oscilaciones, incluidos cambios estructurales en sus trayectorias medias, lo que define a los diferentes períodos. De este modo, se observa una fase inicial de mayor dinamismo seguida por una fase con un ritmo menor y una recuperación en los años más recientes previos a la crisis actual.
- No existe un proceso de convergencia absoluta de las trayectorias de los PIB per cápita entre los países de América Latina y el Caribe, pero ello no invalida la presencia de comportamientos diferenciados por décadas y por grupos de países o la posible presencia de un proceso de convergencia condicional.
- La evidencia macroeconómica para la construcción de líneas base para América Latina indica que es posible que la región mantenga una tasa media de crecimiento del PIB per cápita del 1,69%. Este ritmo de crecimiento muestra, además, evidentes diferencias de un país a otro, pero es relativamente consistente con la evolución esperada de la economía internacional.

Gráfico V.4  
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: RELACIÓN ENTRE PIB PER CÁPITA  
Y TASAS DE CRECIMIENTO MEDIAS ANUALES



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Banco Mundial, “World Development Indicators (WDI)” [base de datos en línea] <http://data.worldbank.org/indicador>, para producto interno bruto (PIB) medido en paridad del poder adquisitivo en dólares de 2005.

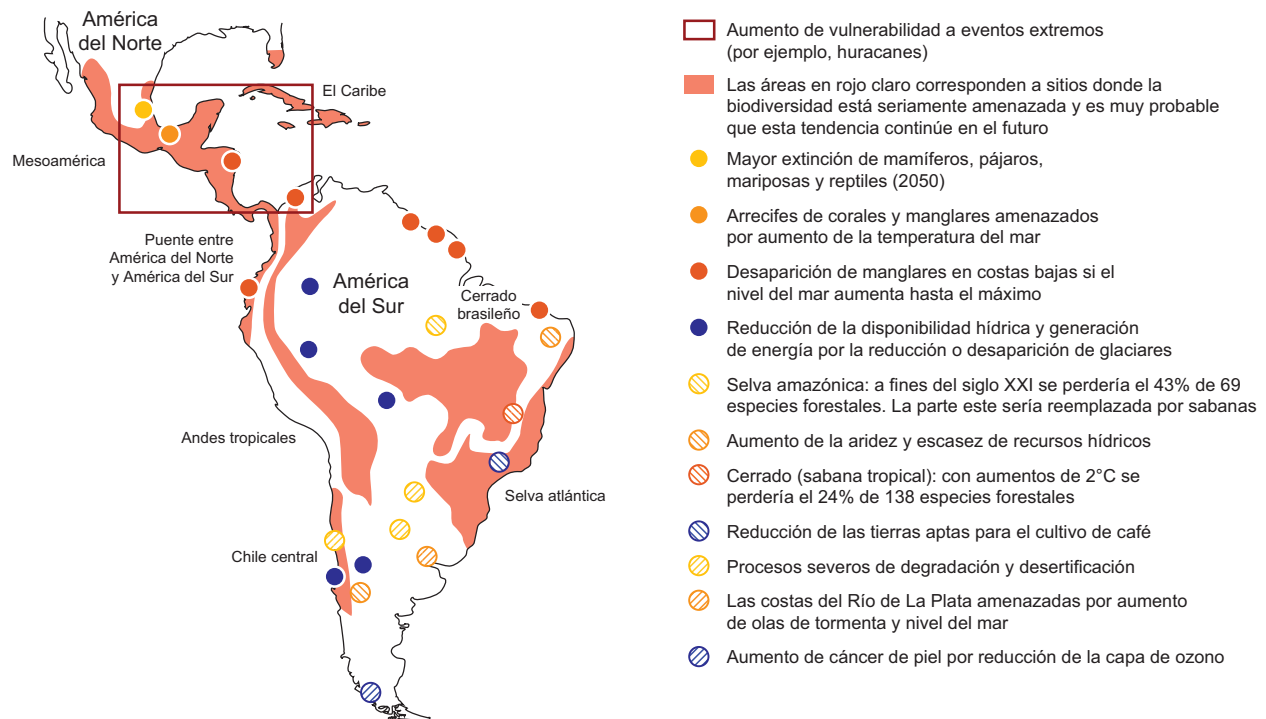
<sup>a</sup> Los datos corresponden a los países que disponen de información para el período de referencia en la base de datos del Banco Mundial. Los valores entre paréntesis representan los errores estándar. Los valores entre corchetes representan los estadísticos t. Variables en logaritmo natural de las series.

## VI. EL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: VULNERABILIDAD E IMPACTOS ECONÓMICOS

Los impactos del cambio climático en América Latina y el Caribe son múltiples, heterogéneos, no lineales, de diferentes magnitudes y ciertamente significativos, aunque aún persiste un alto nivel de incertidumbre en cuanto a sus canales de transmisión y su amplitud específica. Asimismo, existe una elevada vulnerabilidad a eventos climáticos extremos, que se evidencia en el incremento de la ocurrencia de los fenómenos de El Niño y la Oscilación Austral en las últimas tres décadas, de la frecuencia e intensidad de los huracanes en Centroamérica y el Caribe y de los valores extremos de precipitación en el sudeste de América del Sur.

A medida que el cambio climático se intensifique, es probable que las consecuencias sean más serias y pongan en riesgo el logro de los objetivos de desarrollo económico, social y ambiental en América Latina y el Caribe. No obstante, ya es posible identificar algunas tendencias generales en la región (véase el mapa VI.1), destacándose, por sus consecuencias, las siguientes:

Mapa VI.1  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: ÁREAS MÁS VULNERABLES AL CAMBIO CLIMÁTICO**



**Fuente:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), *Climate Change 2007: - Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge, Cambridge University Press, 2007.

- En general, se observan presiones adicionales sobre la disponibilidad de los recursos hídricos a causa de los aumentos de temperatura, los cambios en la precipitación y el aumento de la demanda. Los cambios en la calidad y cantidad de estos recursos tendrán efectos negativos en la producción agropecuaria, la generación hidroeléctrica y la disponibilidad para el consumo humano y los ecosistemas. El retroceso acelerado de los glaciares, especialmente en las zonas tropicales e intertropicales, en el largo plazo puede incluso incrementar el estrés hídrico.
- Hay un incremento de los incendios forestales, fruto de mayores temperaturas, especialmente olas de calor, junto a un mayor estrés hídrico.
- La productividad agrícola de algunas regiones disminuye marcadamente, con consecuencias adversas para la seguridad alimentaria y las exportaciones. Dado que los impactos del cambio climático en el sector agrícola se diferencian por cultivo, regiones, tipos de tierra y agentes económicos, en algunas regiones de países con climas templados como la Argentina, Chile y el Uruguay, se observa que un aumento moderado de la temperatura tiene efectos positivos en el sector agrícola. Por el contrario, en zonas tropicales como Centroamérica, los aumentos de temperatura provocan consecuencias negativas. En todo caso, si los aumentos de temperatura son más pronunciados, los impactos serán negativos. Por lo tanto, se esperaría un desplazamiento de las actividades agropecuarias a zonas de mayor altura y hacia el sector meridional de América del Sur, donde las temperaturas son más bajas. Además, el cambio climático potenciará los procesos de degradación de tierras, que ya son significativos.
- Se aprecian efectos negativos sobre la salud, fruto de la expansión de plagas, enfermedades contagiosas y otras relacionadas con los cambios en las precipitaciones y la disponibilidad de agua, así como por olas de calor. A causa de la pérdida del ozono estratosférico y del aumento del índice de radiación ultravioleta, se incrementarán los casos de cáncer de piel no melanoma en las regiones más australes del continente (partes de la Argentina y Chile) (Magrin y otros, 2007). Si bien persiste cierta incertidumbre sobre los posibles impactos del cambio climático en la morbilidad y mortalidad asociadas a enfermedades como la malaria y el dengue, la información disponible sugiere que sus efectos tenderán a expandirse a nuevas zonas geográficas, y que se incrementará la incidencia en lugares donde ya existe.
- Entre los probables daños en zonas costeras por el aumento del nivel del mar, destacan la desaparición de manglares en costas bajas (Colombia, el Ecuador, costas del norte del Brasil y Guyana), la inundación de las costas y la erosión de la tierra, los daños a la infraestructura y las construcciones cercanas a las costas, como en el Río de la Plata (la Argentina y el Uruguay), y los perjuicios a ciertas actividades, como el turismo en el Caribe.
- En la mayoría de las áreas tropicales, se registran pérdidas significativas de biodiversidad por la extinción de especies y por la merma de servicios ecosistémicos; en muchos casos, las pérdidas serán irreversibles. El blanqueamiento coralino, la mayor mortalidad en los arrecifes y el daño en los servicios ecosistémicos asociados tendrá altos costos económicos, especialmente para el Caribe. El reemplazo gradual de bosques tropicales por sabanas en la Amazonía es otra posible consecuencia de relevancia mundial. Sin embargo, estas pérdidas físicas no tienen su correspondencia con un valor económico.

- La evidencia disponible sugiere que la modificación de los patrones de frecuencia e intensidad de los eventos extremos repercutirá en un incremento de los costos y de la morbilidad y mortalidad. En este contexto, destacan los impactos en regiones como Centroamérica y el Caribe y sus repercusiones adicionales en actividades económicas como el turismo.

Junto con las tendencias anteriores, se observan modificaciones en factores no climáticos que incrementan la vulnerabilidad de la región al cambio climático, entre los que destacan:

- i) tendencias ascendentes de las tasas de deforestación;
- ii) intensificación de los procesos de degradación de suelos y desertificación;
- iii) aumento de la presión demográfica, especialmente en las áreas urbanas, y
- iv) sobreexplotación y contaminación de los recursos naturales (agua, suelo, aire).

La evidencia empírica para América Latina y el Caribe muestra que, a nivel agregado, el cambio climático tiene efectos significativos sobre las economías de la región y estos son crecientes en el tiempo. Sin embargo, también son en extremo heterogéneos según los climas, regiones, sectores y agentes económicos, presentan comportamientos no lineales y con umbrales específicos y, en algunos casos, como los que afectan la biodiversidad o las vidas humanas, tienen consecuencias irreversibles.

Además, el horizonte temporal en el que se evalúan los impactos puede ser determinante del tipo de resultados, por lo que el cambio climático puede traducirse en ganancias temporales para algunos sectores, actividades, regiones o áreas geográficas, mientras que otros sufren pérdidas significativas. Por ejemplo, algunas regiones de América Latina y el Caribe, en el corto plazo y con un aumento de la temperatura inferior a los 2°C, pueden mostrar ganancias (por ejemplo, una temperatura más elevada en zonas templadas que permita ampliar la frontera y productividad agrícola). Por el contrario, en regiones con un menor ingreso per cápita y menos capacidad de adaptación y prevención, los daños económicos como consecuencia de eventos climáticos extremos pueden ser significativos, incluso a corto plazo. Este hecho puede condicionar la adopción de estrategias preventivas y facilitar la superación de ciertos umbrales que gatillen consecuencias irreversibles sobre ecosistemas y actividades socioeconómicas.

En todo caso, la estimación preliminar de los costos y beneficios económicos totales para América Latina y el Caribe con la información disponible muestra un balance negativo creciente en el tiempo.

Sobre la base de la información disponible en los estudios regionales de economía del cambio climático (ERECC) en América Latina y el Caribe, en este capítulo se presenta una selección de los impactos económicos estimados, de manera preliminar, en tres países: Chile (CEPAL, 2009a), el Ecuador<sup>1</sup> y el Uruguay (CEPAL, 2010a), y una subregión, Centroamérica (CEPAL, 2010b). Asimismo, se presentan las implicaciones para el sector agropecuario en una serie de países seleccionados.

---

<sup>1</sup> Los resultados proceden de los estudios que integran la línea de investigación sobre la economía del cambio climático en el Ecuador. La información y las cifras enunciadas son preliminares y no han sido todavía validadas a nivel nacional por el Gobierno del Ecuador, encontrándose actualmente en proceso de revisión.

## Recuadro VI.1

**RIESGO Y VULNERABILIDAD POR EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO  
EN LA COSTA DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2001 y 2007b) ha analizado el aumento del nivel medio del mar como uno de las posibles consecuencias del calentamiento global del planeta. Estos análisis han servido para obtener proyecciones de la subida del nivel del mar a partir de diversos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero. Los rangos de variación entre escenarios son amplios, por lo que recientemente se efectuaron diversas investigaciones destinadas a intentar resolver la cuestión mediante distintas aproximaciones semiempíricas; estas permitieron deducir que el aumento del nivel medio del mar a nivel global para fines del siglo XXI podría alcanzar aproximadamente 1 metro. Pero no solo la subida del nivel del mar supone una amenaza para las costas del mundo, sino que la variación de otros agentes costeros, como el oleaje o la temperatura superficial del agua, pueden suponer grandes riesgos, dando lugar, por ejemplo, al aumento de la erosión costera o al blanqueamiento de los corales. La erosión costera es un problema mundial, puesto que al menos el 70% de las playas de sedimento fino del mundo se encuentran en recesión.

Variables como la salinidad o la temperatura superficial del agua se han analizado en los informes del IPCC a escala global, no así el oleaje o el componente meteorológico de la marea. Asimismo, puede afirmarse que hay una marcada falta de datos al respecto en el hemisferio sur de forma generalizada, y especialmente en América Latina y el Caribe. Para solucionar la carencia de información en la región, se ha realizado un gran esfuerzo, tanto para analizar los datos existentes como para generar nuevas bases de datos de oleaje y mareas con una alta resolución espacial y temporal, siguiendo dos objetivos concretos: analizar las repercusiones del cambio climático en las costas de América Latina y el Caribe y contribuir al mejor entendimiento de algunas de las dinámicas marinas más relevantes en todo el continente.

En esta línea de actuación, se ha considerado también la influencia de diversos índices climáticos en las costas de la región, dada la gran repercusión que tienen en las actividades asociadas a las costas del continente fenómenos tales como El Niño, La Niña y la oscilación multidecadal del Atlántico (este último de especial relevancia en California, la Argentina y el sur del Brasil).

Conociendo las tendencias de largo plazo y la variabilidad climática de América Latina y el Caribe, se pueden analizar los impactos en las costas que, debidamente integrados a la vulnerabilidad ecológica o socioeconómica, conduce a la evaluación de riesgos en los diferentes países. En la fase preliminar, se analizan los riesgos derivados del cambio climático en elementos como las playas, las infraestructuras portuarias, los ecosistemas y la población, y se expresan como la diferencia con respecto al riesgo evaluado en 2010.

### **Playas**

La erosión causada por el cambio climático afectará dos de las funciones fundamentales de las playas: el uso turístico y la defensa de la costa. En cuanto a la primera, el riesgo es elevado en la zona este y sur del Caribe y a lo largo de la costa este del Brasil, especialmente en la parte más oriental, debido a la pérdida de superficie útil. También se estiman valores elevados de riesgo en áreas aisladas de la Argentina, Chile, el Ecuador, México y el Perú.

Con respecto a la defensa de la costa, se detecta un alto riesgo por retroceso de las playas en el norte de la Argentina y la costa del Brasil, así como en casi todo el Caribe. En el Ecuador, el Pacífico, el Perú y en puntos aislados de Chile, México y Centroamérica, el riesgo estimado también es elevado.

### **Infraestructuras portuarias**

La operatividad de las infraestructuras portuarias se verá amenazada a causa de los cambios inducidos por el cambio climático tanto en las condiciones de navegabilidad y acceso como del rebase de las aguas sobre estructuras de defensa de los puertos, debido a la variación del oleaje y del nivel del mar. Los puertos en los que inicialmente se producirá un mayor riesgo en términos de pérdidas económicas por limitación temporal del acceso son: Buenos Aires (Argentina), San Antonio (Chile), Río Grande (Brasil) y Manzanillo (México). En cuanto al impacto ocasionado por el rebase, el riesgo se ha establecido por la pérdida de horas de operatividad de los puertos. A efectos comparativos, los resultados muestran un pronunciado incremento del rebase por aumento del oleaje a mediados del siglo XXI en zonas como el sur del Brasil, el noreste de México y el sur de Chile, en igualdad de condiciones de defensa (misma obra marítima de defensa). Con relación al aumento del rebase por la subida del nivel medio del mar, las zonas más afectadas son el norte del Brasil y toda la costa del mar Caribe, con incrementos de hasta un 25%. El grado actual de seguridad que presentan las obras marítimas se vería disminuido significativamente en toda la región.

Recuadro VI.1 (conclusión)

**Inundaciones de ecosistemas y poblaciones**

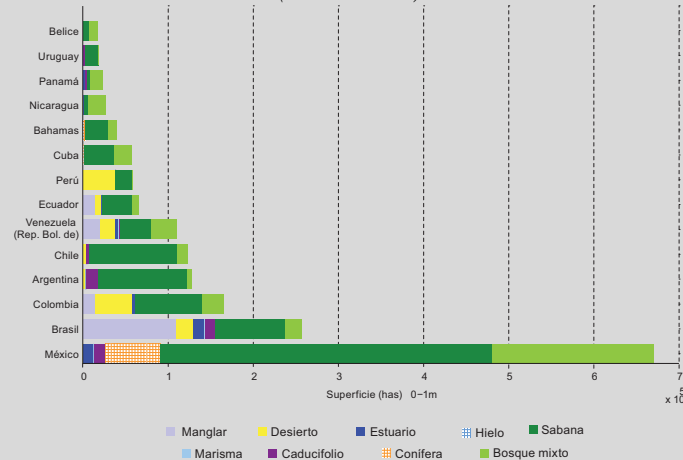
Otro de los riesgos analizados es la inundación permanente que provocaría la subida del nivel del mar, obteniéndose como principal conclusión que toda la costa de América Latina y el Caribe se vería afectada en mayor o menor medida, con las consecuentes repercusiones para la población y los ecosistemas.

En el gráfico se presenta el área de cada uno de los ecosistemas afectados, por país, en caso de ocurrir una subida del nivel medio del mar superior a 1 metro. México, el Brasil y Colombia serían los países más perjudicados, destacándose especialmente la superficie de manglar afectado en el Brasil. En términos de población, el país con mayor número de personas afectadas hasta las cotas de 1 y 2 metros sería el Brasil, seguido por el Perú, Cuba y México.

En la investigación en curso Estudio Regional de los efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe, se reúne información sobre todos los países de la región acerca de la vulnerabilidad y el riesgo socioeconómico y ecológico asociados al aumento del nivel del mar y la alteración de otros agentes costeros como consecuencia del cambio climático; además, se identifican las ciudades y zonas que deben considerarse al planificar estrategias de adaptación basadas en estudios regionales y locales a fin de realizar las inversiones necesarias.

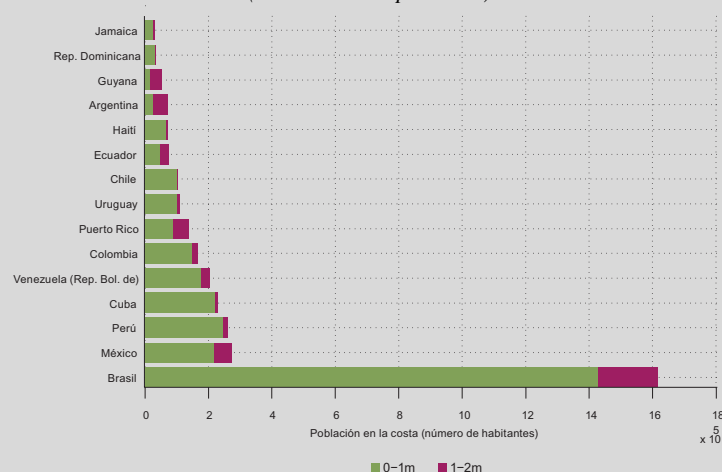
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: SUPERFICIE AFECTADA EN CASO DE OCURRIR UNA SUBIDA DEL NIVEL MEDIO DEL MAR SUPERIOR A 1 METRO**

*(En hectáreas)*



**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (PAÍSES SELECCIONADOS): POBLACIÓN AFECTADA EN CASO DE OCURRIR UNA SUBIDA DEL NIVEL MEDIO DEL MAR ENTRE LAS COTAS DE 0 A 1 METRO Y DE 1 A 2 METROS<sup>a</sup>**

*(En número de personas)*



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información del Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, España.

En el escenario proyectado o línea de base para la economía de una región, país o sector se incorporan las variaciones climáticas asociadas a los escenarios A2 y B2 para, por diferencia, obtener el impacto económico del cambio climático, como se explica en el capítulo II. Cabe aclarar que los resultados que se presentan en los casos de estudio se obtuvieron a partir del análisis de escenarios climáticos y económicos y, por lo tanto, no deben considerarse como un pronóstico exacto de la situación del país en los próximos 100 años. Además, las estimaciones de los efectos del cambio climático sobre las actividades económicas dependen esencialmente de los supuestos de los escenarios climáticos ya mencionados, de los sectores considerados, de la metodología de valoración económica, del horizonte temporal y de la tasa de descuento aplicada. En este sentido, aún persiste un intenso debate sobre la valoración de estos costos.

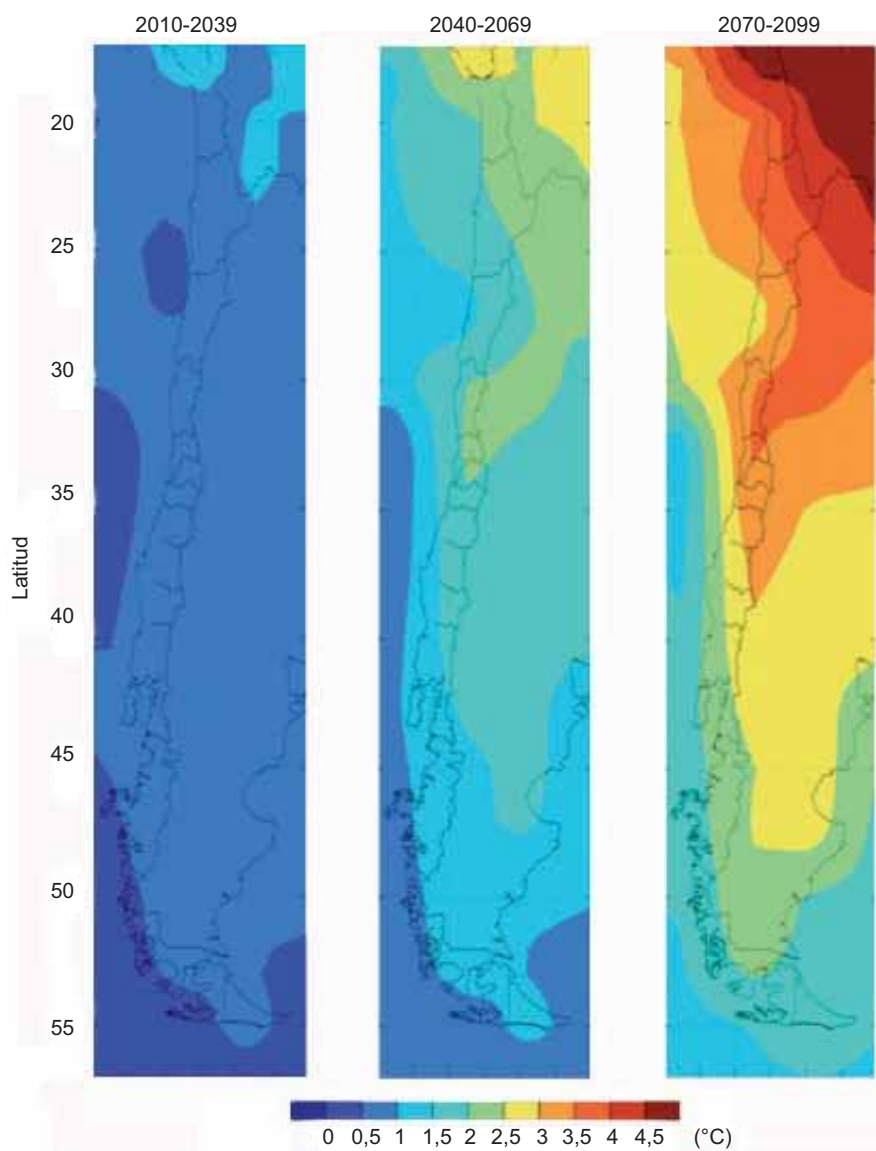
## A. IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE

Chile posee un número de características que lo convierten en un país vulnerable a los efectos del cambio climático. Gran parte del territorio presenta niveles muy bajos de precipitación asociados al clima desértico y semiárido. Muchas de las cuencas hidrológicas y de los usuarios que allí viven dependen de un régimen hidrológico basado en el derretimiento de nieves acumuladas en los meses de invierno. Las principales actividades económicas del país dependen directa o indirectamente de las condiciones climáticas y si bien existe una larga costa que provee recursos, en ella se ha construido una infraestructura que también sufre los impactos e inclemencias del clima. Finalmente, existen varias regiones con un alto nivel de endemismo que están incluidas dentro de las zonas críticas (*hotspots*) de biodiversidad del planeta.

Los resultados entregados en este informe presentaron una amplia evidencia de los potenciales efectos del cambio climático en Chile. En los mapas VI.2 y VI.3 se aprecian las evoluciones esperadas de la temperatura y las precipitaciones en el escenario A2 para tres períodos definidos en el estudio: un período temprano (2010-2039), uno intermedio (2040-2069) y uno tardío (2070-2099). De acuerdo con las proyecciones de modelos de clima global, el cambio climático significa para Chile, en términos generales, un aumento de la temperatura en todo el país que se hace más acentuado a medida que avanza el siglo XXI (en torno a 4°C a fines de siglo) y un alejamiento del mar. Por otra parte, los mismos modelos proyectan marcadas reducciones en los niveles de precipitación (en torno al 30% a fines de siglo) para la zona central de Chile (entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos). En el extremo norte del país (regiones de Arica a Atacama) la situación es más ambigua y no hay mucha claridad en cuanto a la tendencia esperada. En el extremo austral (Región de Magallanes), los modelos indican un aumento progresivo de los niveles de precipitación. Finalmente, la Región de Aysén corresponde a una zona de transición, donde no se esperan grandes variaciones con respecto a la situación actual.

Estos cambios en las condiciones climáticas pueden traer aparejada una serie de problemas económicos, sociales y ambientales. Muchos de estos problemas estarían asociados a cambios en la disponibilidad de recursos hídricos y a los efectos que estos tendrían en la generación de hidroelectricidad, la provisión de agua potable y la disponibilidad de agua para riego, y en otros sectores productivos, como la industria y la minería.

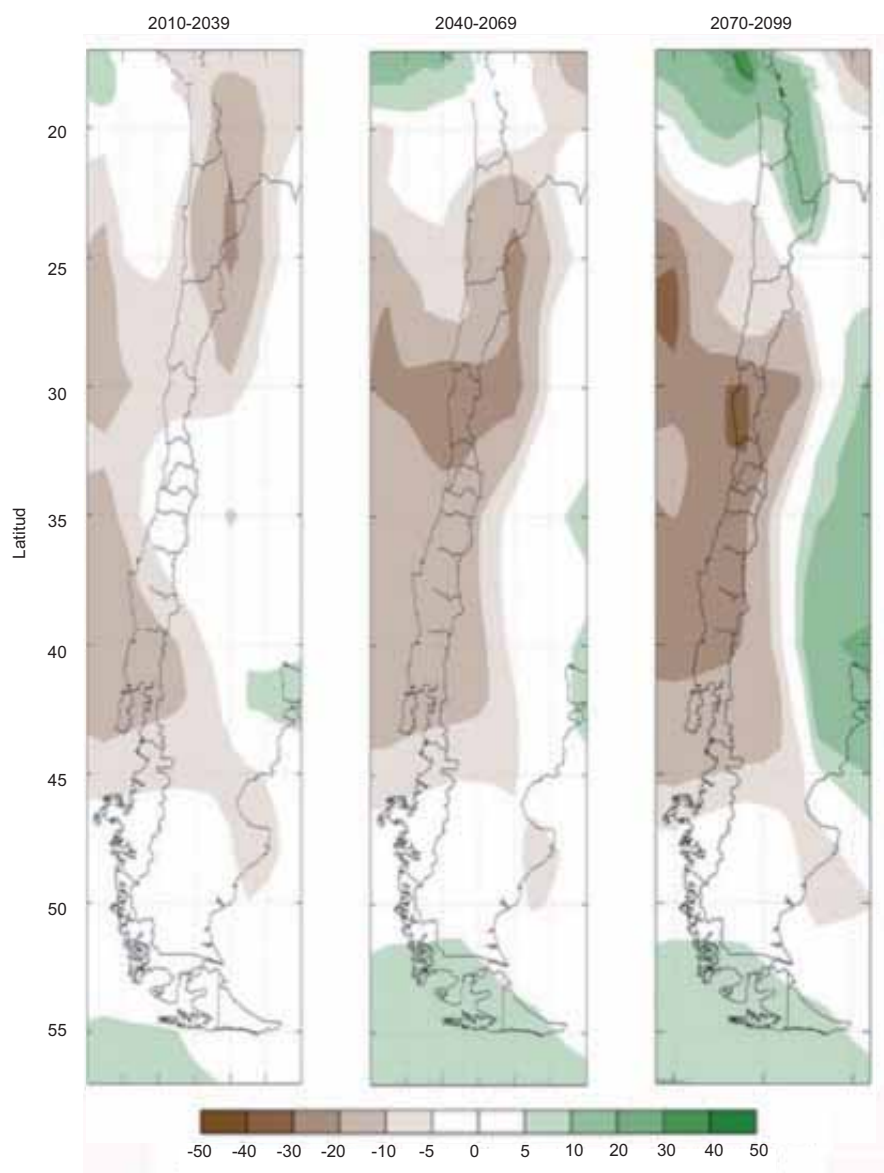
Mapa VI.2  
**CHILE: PROYECCIONES DE VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA EN EL ESCENARIO  
DE CAMBIO CLIMÁTICO A2, 2010-2099**  
(En grados centígrados, sobre base histórica)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *La economía del cambio climático en Chile. Síntesis* (LC/W.288), Santiago de Chile, 2009.



Mapa VI.3  
**CHILE: PROYECCIONES DE VARIACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES EN EL ESCENARIO  
 DE CAMBIO CLIMÁTICO A2, 2010-2099**  
*(En porcentajes, sobre base histórica)*



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *La economía del cambio climático en Chile. Síntesis* (LC/W.288), Santiago de Chile, 2009.

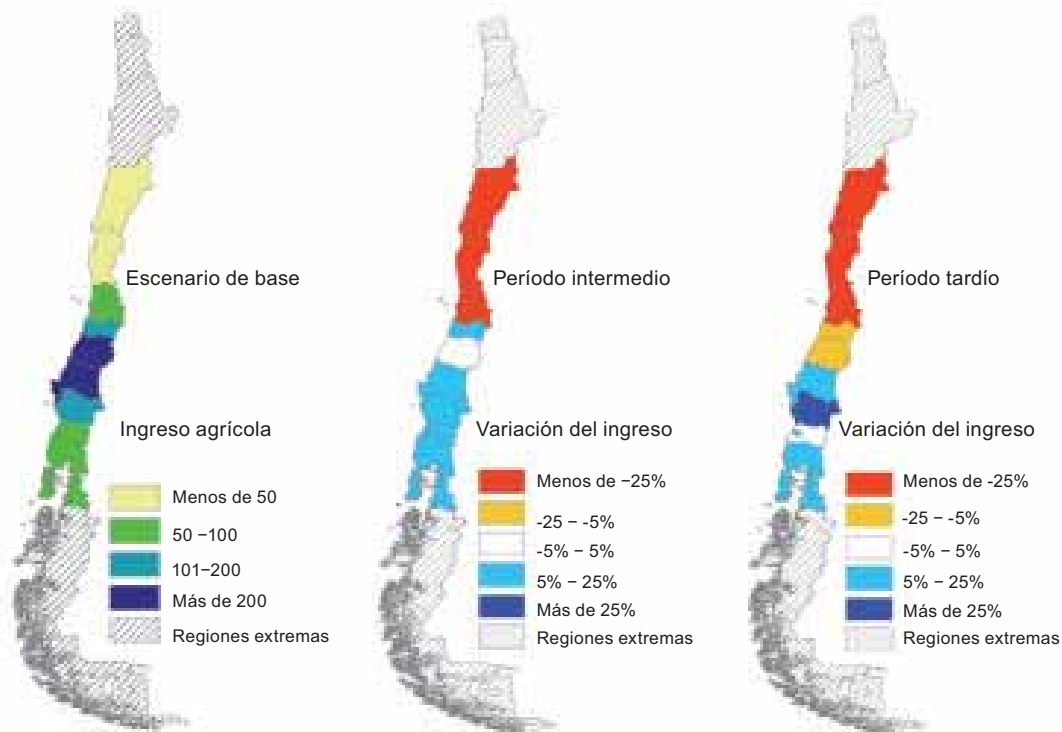
En el caso de los efectos en la generación eléctrica, los escenarios evaluados indican pérdidas en torno al 10% y el 20% con respecto a la situación de base. Esto tendría un costo económico cercano a los 100 millones de dólares al año e incidiría en el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (alrededor de 3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente). Todo esto es producto de un incremento de la generación eléctrica de tipo térmica.

Con respecto a la provisión de agua potable, los resultados indican que, en la Región Metropolitana, tendrían lugar cambios hidrológicos en la principal fuente de abastecimiento de la ciudad (río Maipo), por lo que, de acuerdo con las proyecciones de demanda de la población, en el futuro se generaría un déficit en la provisión de agua, situación común a otras ciudades de América Latina y el Caribe que dependen del derretimiento andino para su abastecimiento. Un componente de las consecuencias que enfrentarían las empresas sanitarias estaría asociado a la compra de derechos para asegurar la oferta de agua, costos que podrían traspasarse a los usuarios en forma de aumento de tarifas. Es importante destacar que este solo sería uno de los componentes de los efectos esperados y que existen también otros costos relacionados con las modificaciones que sería necesario realizar en la infraestructura para asegurar un servicio adecuado.

De la evaluación realizada en el sector minero se puede concluir que, para un horizonte de tiempo que abarque los próximos 30 años, las condiciones climatológicas indican que en todas las cuencas donde se ubican las minas en la actualidad se reducirá la disponibilidad hidrológica, producto de un aumento de temperatura (y, por ende, de evaporación) y de un descenso de la precipitación. La gran mayoría de las minas se encuentran en este momento en una situación sumamente compleja en cuanto a disponibilidad de agua. La medida de última instancia a la que se podría recurrir sería la desalación de agua de mar, lo que implicaría marcados aumentos en los costos de producción, de entre 6 y 20 centavos de dólar por libra de cobre, y un incremento en la emisión de GEI, producto del consumo de electricidad asociado al proceso de desalación.

Siguiendo con el análisis de cambios en los recursos hídricos, se proyecta que disminuirá la disponibilidad de agua para riego en las comunas ubicadas al norte del río Maipo (Región Metropolitana de Santiago). Esto, sumado a cambios proyectados en la productividad de diferentes tipos de especies, tiene importantes efectos potenciales en el sector silvoagropecuario, que apuntan a posibles cambios en el uso del suelo. En términos generales, se extendería la superficie plantada de árboles frutales y plantaciones forestales en las regiones del sur del país. De manera complementaria, se esperan aumentos en la superficie plantada de otros tipos de cultivos en las comunas del norte del país. Todos estos cambios se han incluido en una evaluación económica de impactos considerando un grado de adaptación inherente a la reacción esperable del sector en virtud de los cambios percibidos en la productividad. La evaluación económica pone de manifiesto que ciertos tipos de especies y ciertas regiones se verían potencialmente beneficiadas por el cambio climático. Sin embargo, en términos agregados, los efectos serían negativos y las pérdidas en las utilidades netas se situarían entre 100 y 300 millones de dólares al año. En el mapa VI.4 se muestran los impactos económicos esperados a raíz del cambio climático en el sector silvoagropecuario.

Mapa VI.4  
**CHILE: CAMBIOS EN LOS INGRESOS NETOS DEL SECTOR SILVOAGROPECUARIO  
 EN EL ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO A2, 2010-2100**  
 (En miles de millones de dólares y porcentajes)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *La economía del cambio climático en Chile. Síntesis* (LC/W.288), Santiago de Chile, 2009.

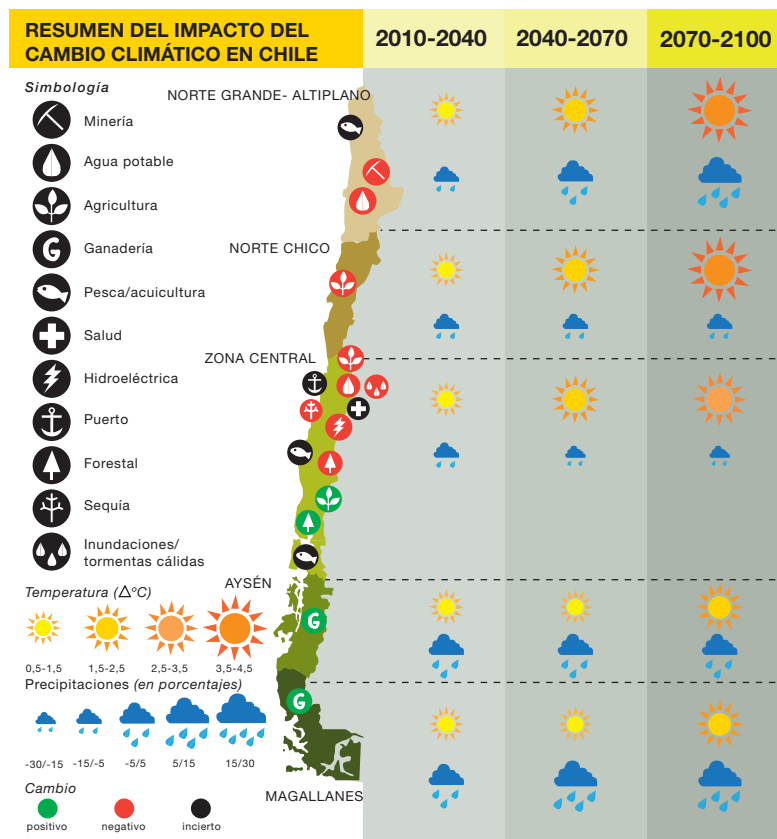
En todos los sectores descritos, con excepción del minero, fue posible llevar a cabo una evaluación económica de impactos. Estos se proyectaron de acuerdo con la situación económica que se espera para el futuro (mediante el empleo de proyecciones del PIB) y se agregaron luego en su valor actual neto. En términos absolutos, la agregación del valor actual de los impactos indica que, en el escenario A2, existiría un costo que fluctúa entre los 22.000 millones de dólares y los 320.000 millones de dólares de 2008, dependiendo de la tasa de descuento aplicada y del horizonte considerado. Con respecto al escenario B2, la situación es más ambigua, ya que los resultados indican un rango que fluctúa entre un beneficio neto de 25.000 millones de dólares y un costo de 40.000 millones de dólares, según la tasa de descuento aplicada y el horizonte considerado. A modo de referencia, resulta importante considerar que el PIB del país en 2008 fue de alrededor de 120.000 millones de dólares. Estos costos indican que Chile podría llegar a perder el equivalente a un 1,1% del PIB anualmente durante todo el período de análisis, es decir hasta 2100, en el escenario A2. En el cuadro VI.1 se presentan los costos directos e indirectos esperados del cambio climático. Además, en el mapa VI.5 se muestran los impactos consolidados en el escenario A2.

Cuadro VI.1  
**CHILE: AGREGACIÓN DE LOS COSTOS ECONÓMICOS EN LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO A2 Y B2, HASTA 2100**  
 (En millones de dólares)

Sector	Tasa de descuento 6%		Tasa de descuento 4%		Tasa de descuento 2%		Tasa de descuento 0,5%	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2
Agrícola	-10 599	-9 734	-26 505	-26 639	-79 165	-86 730	-201 361	-232 875
Frutícola	36 104	21 037	77 902	40 248	208 685	96 459	503 568	219 311
Silvícola	-5 305	-4 610	-12 019	-10 738	-32 308	-29 609	-76 349	-71 068
Ganadero	2 036	962	3 147	298	6 807	-2 051	16 119	-6 853
Hidroeléctrico	7 733	6 367	15 026	12 475	35 641	29 593	78 976	65 172
Agua potable	75	88	137	144	290	253	570	400
<b>Total de costos</b>	<b>30 044</b>	<b>14 110</b>	<b>57 689</b>	<b>15 787</b>	<b>139 950</b>	<b>7 913</b>	<b>321 522</b>	<b>-25 914</b>

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *La economía del cambio climático en Chile. Síntesis* (LC/W.288), Santiago de Chile, 2009.

Mapa VI.5  
**CHILE: REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU RELACIÓN CON LAS PROYECCIONES CLIMÁTICAS FUTURAS<sup>a</sup>**



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *La economía del cambio climático en Chile. Síntesis* (LC/W.288), Santiago de Chile, 2009.

<sup>a</sup> Se indican impactos sectoriales y proyecciones climáticas en el escenario A2. Con respecto a los impactos sectoriales, se consideran tres alternativas: los colores rojo y verde implican un impacto negativo y positivo, respectivamente; el color negro corresponde a sectores en los que se requiere más conocimiento para poder desarrollar una evaluación de impactos.

Existe una serie de sectores que posiblemente sufrirán las consecuencias del cambio climático, pero en los que no se ha podido llevar a cabo una evaluación económica de impactos. Entre ellos, destacan: biodiversidad y servicios ecosistémicos, salud, recursos pesqueros y acuícolas, alza del nivel del mar e impactos costeros, eventos extremos, impactos en infraestructura y cambios en demanda de energía. Las dos razones que hasta ahora impiden concretar esta evaluación son: i) en ciertos sectores, el conocimiento científico permite relacionar el cambio climático con variables físicas, pero no se cuenta con las herramientas necesarias para llevar a cabo la evaluación económica (un ejemplo es el sector minero) y ii) se carece de la información científica básica que permita relacionar el cambio climático con las variables biofísicas de relevancia (por ejemplo, en el sector pesquero). Por consiguiente, los valores expresados deben considerarse valores mínimos de referencia, dado que no se incluyen los impactos económicos asociados a los sectores no evaluados recién mencionados.

Chile tiene por delante un gran desafío en materia de cambio climático. Por una parte, el desarrollo del país contribuye a la causa del problema debido a la emisión creciente de gases de efecto invernadero. Por otra parte, el cambio climático tiene efectos económicos, sociales y ambientales que ponen en riesgo el desarrollo, en especial el de las personas más vulnerables, por lo que se deben crear programas de adaptación para paliar esos efectos. El desafío es lograr romper este círculo vicioso que repercute en el desarrollo sostenible de las futuras generaciones.

## **B. IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ECUADOR**

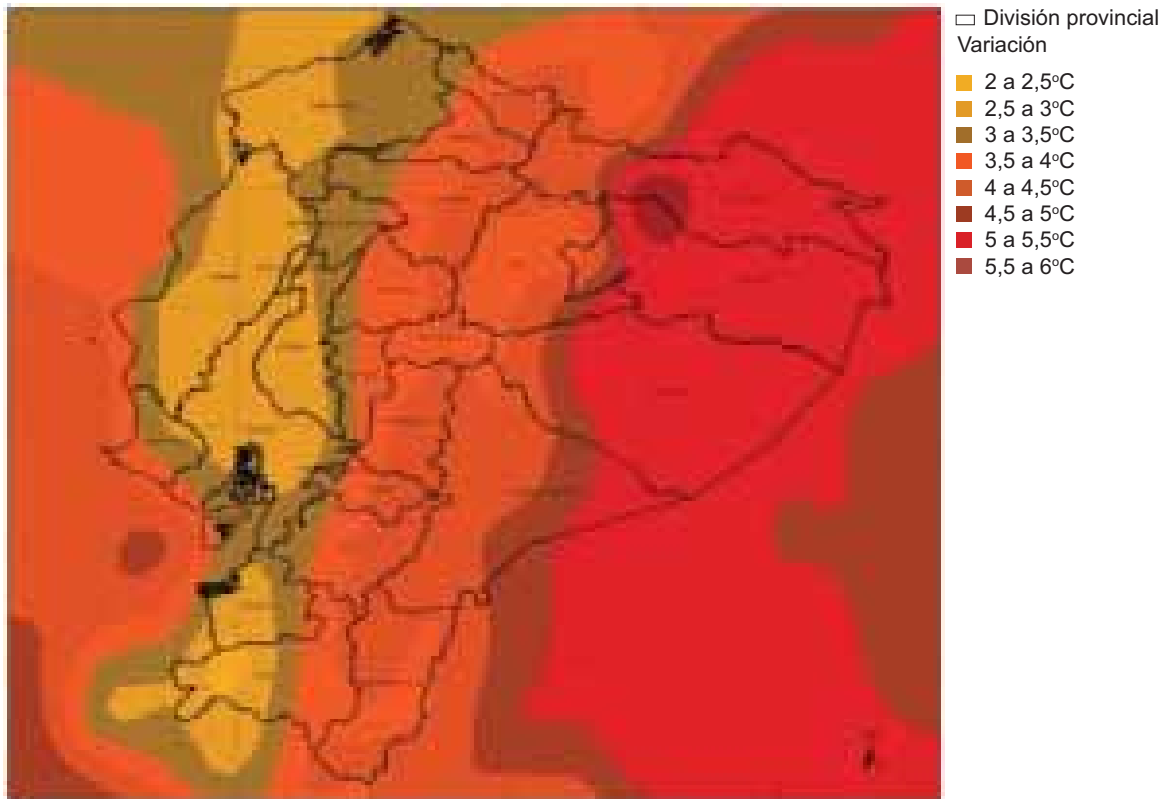
Las proyecciones climáticas para el Ecuador muestran variaciones de temperatura y pluviosidad incluso superiores al promedio planetario proyectado, lo que indudablemente incrementará la ya alta vulnerabilidad de la economía ecuatoriana, de la población en situación de pobreza y de los ecosistemas ricos en biodiversidad. Para fines del siglo, en el escenario A2, la totalidad del territorio mantendría incrementos de temperatura por sobre los 4,2°C, en promedio. Las provincias de la costa norte y parte de las estribaciones occidentales de la sierra registrarían elevaciones de la temperatura media de entre 3,2°C y 4,6°C. Finalmente, los mayores aumentos, que alcanzarían los 5,4°C, se concentrarían en la Amazonía, y afectarían aproximadamente al 50% del territorio (véase el mapa VI.6). En el escenario B2, el alza de la temperatura sería más moderada y se percibiría en forma más nítida a partir de mediados de siglo.

A su vez, en el escenario A2 las precipitaciones se incrementarían un 16% al finalizar el siglo. En particular, esta variación se intensificaría a partir de 2070, sobre todo en la costa norte y Guayas, mientras que la sierra central experimentaría severas reducciones. Como se muestra en el mapa VI.7, en zonas como la costa los incrementos son del orden del 47% del nivel de precipitación media registrado en el año base. Para el caso de la sierra, los niveles de lluvias en algunas zonas se reducen hasta el 15%. El escenario B2 arroja similares resultados hasta mediados de siglo, manteniendo con posterioridad cambios más moderados que el escenario A2<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> El Ecuador viene trabajando con salidas de tres modelos para generar escenarios de cambio climático, cada uno de ellos con bondades e incertidumbres. El modelo PRECIS, aquí utilizado, es uno de ellos. Las salidas de estos modelos deben ser validadas con la climatología nacional. Ante la inexistencia de información en escala y malla que sea coherente con las salidas de los modelos, diferentes autores han apelado a variadas bases de datos mundiales, lo que conlleva niveles de incertidumbre. Para reducirlos, el análisis de consenso realizado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, apoyado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, indica que no hay una coincidencia nacional en los resultados de los tres modelos y que el reflejo de la realidad de cada uno depende de la zona geográfica. En el modelo PRECIS se sobreestima la precipitación en la sierra y sur de la

Mapa VI.6  
**ECUADOR: VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA MEDIA CON RESPECTO  
 A LA LÍNEA BASE EN EL ESCENARIO A2, 2100**  
*(En grados centígrados)*



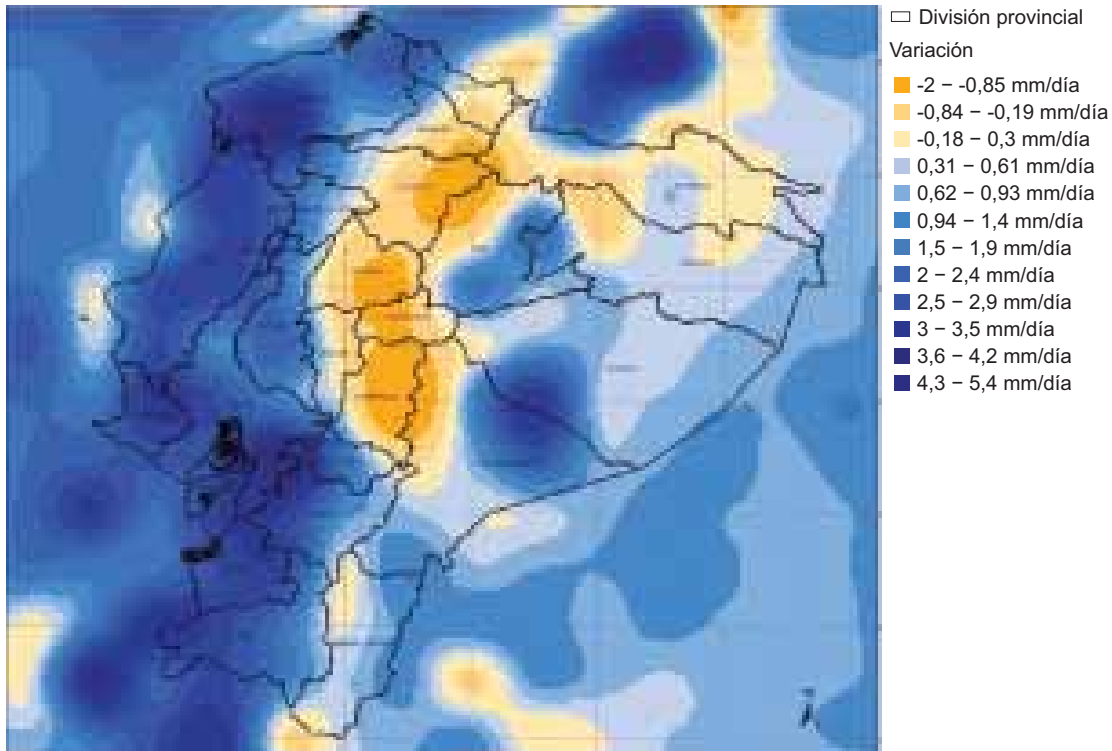
**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base del modelo PRECIS.

Algunos de los impactos físicos y económicos identificados como consecuencia de las variaciones de la temperatura y la pluviosidad estarían relacionados con la reducción de la capacidad productiva agrícola de algunas zonas del país, el daño en las principales obras de infraestructura, pérdidas importantes de la biodiversidad y su capacidad de almacenamiento de carbono, la reducción de la capacidad de oferta hídrica y el incremento de la demanda de este recurso renovable. Asimismo, se incrementarían los casos de epidemias por transmisión vectorial. Por otra parte, se observan fenómenos de elevación del nivel del mar que afectarán la capacidad y oferta ambiental de los ecosistemas costeros del Ecuador. Además, en un ecosistema único como el de las Islas Galápagos, la elevación del nivel del mar traería serias implicaciones para algunas especies.

---

Amazonía y se la subestima en el resto del país. Por las incertidumbres mencionadas, los resultados obtenidos con el uso de un solo modelo aplicable a todo el territorio nacional deben tomarse con cautela.

Mapa VI.7  
**ECUADOR: VARIACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN CON RESPECTO A LA LÍNEA BASE**  
**EN EL ESCENARIO A2, 2100**  
*(En milímetros diarios)*



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base del modelo PRECIS.

El Ecuador registraría un superávit de recursos hídricos que oscilará entre 42,5 y 50,7 hm<sup>3</sup> hacia fines de siglo, dependiendo del escenario de cambio climático que prevalezca a nivel global. Sin embargo, este balance no es homogéneo para todo el Ecuador, sino que existirían diferencias por zonas. El incremento de pluviosidad en la costa norte podría generar niveles de oferta que irían más allá del aprovechamiento económico del recurso. Sin embargo, la costa sur y la costa central estarían sujetas a una amenaza permanente de estrés hídrico, por reducción de la oferta y por incremento de la demanda, respectivamente. Del mismo modo, la zona de la sierra central estaría expuesta a niveles intermedios de estrés hídrico. Esta estructura de superávit global con zonas sujetas a una amenaza permanente de estrés hídrico presenta enormes retos para la política pública a nivel territorial.

En este contexto, enfrentar el creciente aumento de la demanda neta del recurso podría suponer un costo adicional equivalente a 47,6 millones de dólares anuales para la última década del siglo. La sierra concentraría el 60% de las pérdidas medias del período (que se incrementa progresivamente hasta 2100), seguido por la costa con el 38%, mientras que estas serían marginales en la región amazónica.

Los incrementos de temperatura y pluviosidad favorecen incrementos de la productividad en el sector agrícola hasta ciertos umbrales y sobre ellos los rendimientos comienzan a reducirse. Al final del período de análisis, para el caso del maíz duro, se registraría un aumento del rendimiento de hasta el 36% en el escenario A2, mientras que el cultivo de arroz alcanza el 37%. Todos los otros cultivos analizados experimentarían pérdidas. En los casos del maíz suave (-53%) y el frijol (-9%), que constituyen actividades realizadas principalmente por pequeños productores de la sierra, esto podría incidir en los niveles de seguridad alimentaria. Otros cultivos que muestran pérdidas en forma acentuada son el banano (-41%), la caña de azúcar (-36%), el café (-23%) y el cacao (-21%).

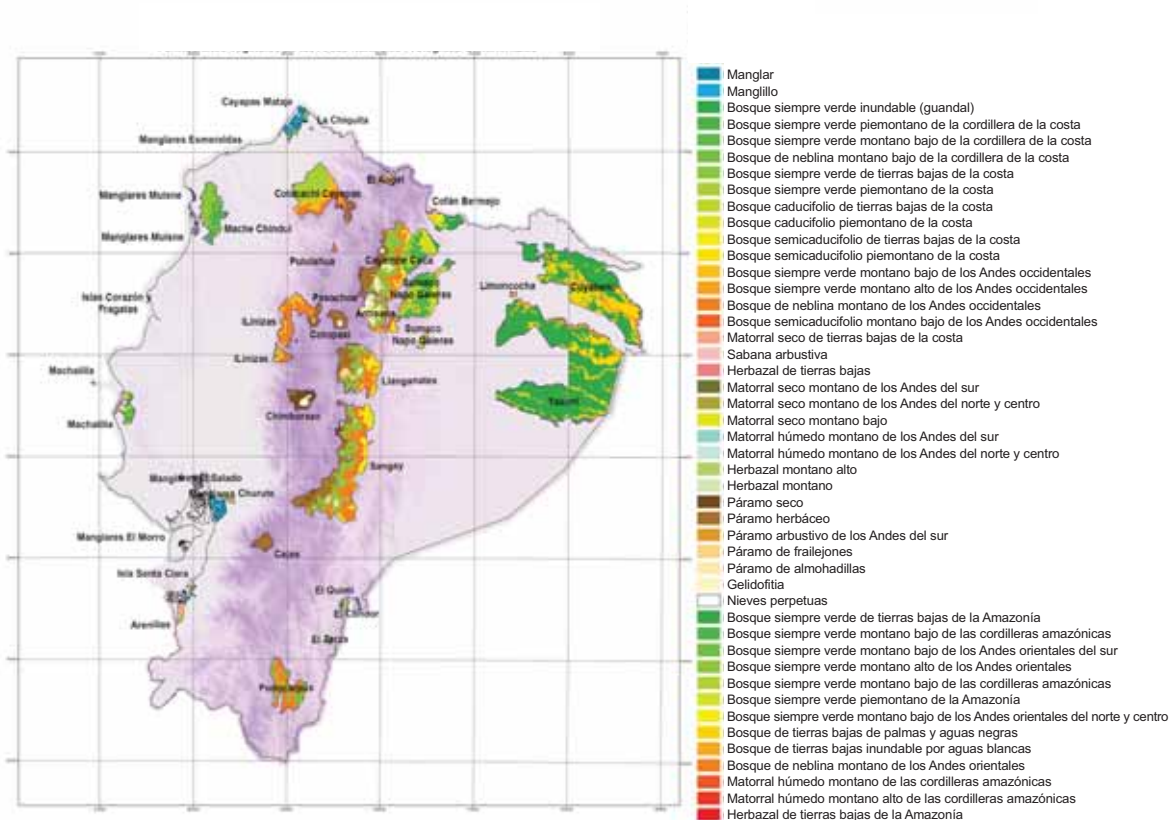
Al analizar las unidades productivas de acuerdo con su tecnología, se aprecia que las producciones de subsistencia ubicadas en zonas más elevadas del territorio y con temperaturas subóptimas podrían verse beneficiadas por los incrementos de temperatura. Con valores de temperatura por encima del nivel óptimo, decaería la producción de las unidades intermedias en la mayoría de los cultivos, con la excepción del arroz y el maíz duro. Por último, las unidades empresariales, cuyo destino principal es la exportación, serían las más propensas a disminuir su producción. En términos agregados, el sector agropecuario registraría pérdidas netas, que podrían alcanzar los 254 millones de dólares anuales durante la última década del siglo si se considera el escenario A2.

Los ecosistemas del Ecuador, por su ubicación geográfica y pisos altitudinales, se consideran megadiversos y se ubican entre los de más alta concentración de especies por superficie en América del Sur. Sin embargo, 2.208 especies se encuentran en estado de amenaza (UICN, 2008). Esta riqueza natural ofrece variados servicios ambientales importantes para el país, que ha hecho un esfuerzo de protección. En el Ecuador existen 40 áreas naturales protegidas, con una extensión de alrededor de 4 millones de hectáreas distribuidas entre las regiones Costa, Sierra, Amazonía y las Islas Galápagos, equivalentes al 19% de la superficie total del país (véase el mapa VI.8).

En el período 2091-2100, el cambio climático afectaría principalmente el bosque de neblina, que presenta una reducción de su área de más del 80% en los escenarios A2 y B2, mientras que la superficie cubierta por el bosque siempre verde disminuiría en torno al 70%. Si bien la alteración de los bosques de tierras bajas y los páramos es leve, la pérdida de especies de plantas por la alteración o el reemplazo de formaciones vegetales ocasionaría, a su vez, la extinción de numerosas especies de animales. Esto obedecería a la falta de estructuras de ecosistemas anteriores que impedirían la segregación de hábitats o espacios de nichos, caracterizados por la disponibilidad de recursos para alimentación, reposo, anidación, asentamiento y refugio propios de los hábitats de las diferentes especies de animales. La pérdida o transformación de los ecosistemas naturales continentales también generaría una importante emisión de CO<sub>2</sub>.



Mapa VI.8  
**ECUADOR: FORMACIONES VEGETALES DE LAS ÁREAS NATURALES  
 CONTINENTALES PROTEGIDAS**



**Fuente:** Ministerio del Ambiente del Ecuador, Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

Los hábitats marinos y costeros del Ecuador se caracterizan por su origen continental, producto de los aportes sedimentarios de los ríos que modifican constantemente los aportes oceánicos. El resultado es una plataforma amplia y humedales a lo largo de toda la línea costera. La modificación de las variables climáticas sobre la línea costera ecuatoriana sería compleja y se reflejaría en una reducción de la nubosidad, incrementos del 35% en la precipitación y, por consiguiente, aumentos significativos de los caudales de agua dulce en las desembocaduras y elevación de hasta medio metro del nivel medio del mar. Estos fenómenos provocarían diversos efectos, entre los que destacan: afectación de las especies y hábitats costeros, regresión de las raíces de los mangles, reemplazo y pérdida de hasta el 40% de las superficies de playas en provincias como Esmeraldas y El Oro; inundación de 191.400 hectáreas de cultivos agrícolas, pérdida de especies demersales de uso económico, cuyo hábitat de manglar se vería afectado hasta en un 22%. Todo esto generaría un costo parcial de cerca de 45,6 millones de dólares anuales durante la última década del siglo por pérdidas en los sectores turístico, camaronero y de recolección de especies demersales.

Las Islas Galápagos se encuentran en el océano Pacífico, a 1.050 km de la costa del Ecuador y están conformadas por 13 islas volcánicas, 6 islas pequeñas y 107 rocas e islotes. El 97% del territorio insular se ubica dentro de la categoría de área protegida como parque nacional. A su vez, la importancia de las islas radica en que poseen un elevado número de especies endémicas, tienen un alto valor estético y han sido declaradas Patrimonio Mundial por la UNESCO. Los efectos del cambio climático modificarían su zonificación ecosistémica. Se considera que el principal impacto económico en estas islas estaría ligado a la disminución de ingresos relacionados con la investigación científica, el valor intrínseco de sus ecosistemas y las especies que en ellos habitan, además de los valores de uso presente y de opción que representa este ecosistema único, principalmente para el turismo. La actividad económica de las Islas Galápagos ha representado en promedio un 0,49% del PIB total del Ecuador en el período 2000-2006. El turismo y las actividades relacionadas representan el 82% de la producción bruta provincial de las islas. Considerando lo anterior, el costo económico del cambio climático por pérdida de turismo, en un escenario de 1 metro de elevación del nivel medio del mar, podría llegar a 25 millones de dólares al año en la última década de este siglo.

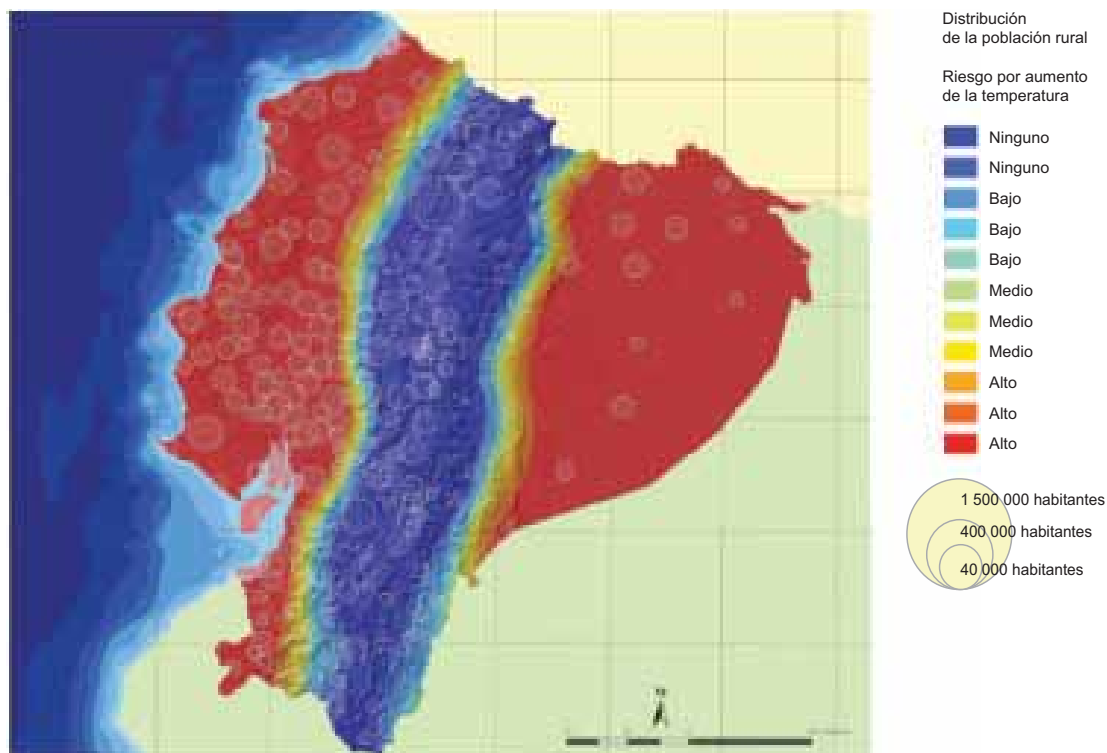
La malaria y el dengue representan un problema de salud pública que mantiene ciclos endémico-epidémicos influidos por factores ambientales (fenómenos climatológicos), socioeconómicos y culturales. El grado de mortalidad y morbilidad de estas enfermedades tiene graves repercusiones sociales y económicas, particularmente en poblaciones con mayores niveles de pobreza, asentadas en áreas de clima tropical y subtropical, que representan alrededor del 70% de la extensión territorial del país.

Diversos estudios biológicos de carácter global han mostrado la incidencia de los factores climáticos en los ciclos de resurgimiento de la epidemia de malaria y dengue. A fines de siglo y dependiendo del escenario climático global, el impacto combinado de un incremento de 2,5°C y del 40% de las precipitaciones diarias podría provocar entre 58.000 y 130.000 casos nuevos de malaria y entre 8.200 y 10.200 casos nuevos de dengue, así como el traslado de la epidemia a nuevos pisos altitudinales y zonas geográficas, tanto rurales como urbanas.

Desde un punto de vista geográfico, como se muestra en el mapa VI.9, las zonas rurales de mayor riesgo a causa de la malaria son las de la sierra central y sur, así como las ciudades intermedias que vinculan la sierra sur con la costa y la Amazonía. Las zonas con mayor propensión a transitar de riesgo medio a alto son las ubicadas en las dos vertientes de las cordilleras oriental y occidental. En cuanto a las zonas urbanas, las de mayor riesgo estarían situadas en las ciudades intermedias que vinculan la costa y la sierra sur, y las ciudades intermedias entre la Amazonía y la sierra sur.

El incremento de la incidencia de la malaria y el dengue por efecto de las variables climáticas originará costos directos —asociados a los gastos en prevención y tratamiento— e indirectos, debidos básicamente a la productividad perdida por parte de la población afectada. En síntesis, para el caso del sector de la salud, esta situación podría causar, a fin de siglo, un alza del gasto público y privado de entre 29,3 millones de dólares anuales en el escenario A2 y aproximadamente 14,9 millones de dólares en el escenario B2.

Mapa VI.9  
**ECUADOR: TENDENCIA DE INCREMENTO DEL RIESGO DE INCIDENCIA DE MALARIA  
 EN ZONAS RURALES POR AUMENTO DE LA TEMPERATURA, 2009-2100**

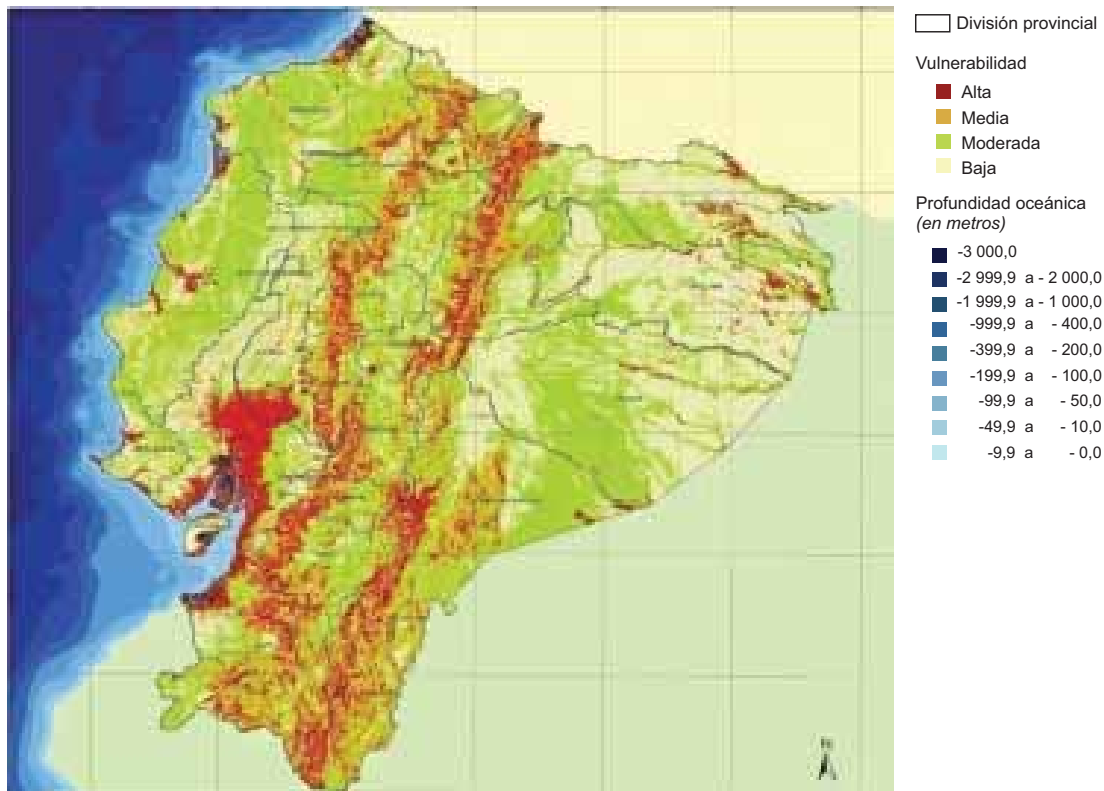


**Fuente:** Proyecto Estudio de la economía del cambio climático (ERECC)-Ecuador, sobre la base de Servicio Nacional de Erradicación de la Malaria (SNEM) y modelo PRECIS.

Asimismo, cerca del 13% del territorio nacional, unos 31.200 km<sup>2</sup>, se encuentra en zonas de alta vulnerabilidad frente a deslizamientos de tierras, aluviones e inundaciones, entre otros, y alrededor de un 15% presenta una vulnerabilidad media (véase el mapa VI.10). Estas áreas vulnerables se localizan en la zona de influencia del golfo de Guayaquil, las estribaciones occidental y oriental del callejón interandino, las zonas de manglares y las zonas bajas de la Amazonía norte. Por ello, históricamente la infraestructura productiva del Ecuador se ha visto afectada por eventos naturales asociados a precipitaciones, que se agravarían con el cambio climático.

La infraestructura física analizada en este estudio incluye la infraestructura vial y la infraestructura de generación y transmisión de energía, por su alto grado de vulnerabilidad al cambio climático. De este modo, el 13% de la infraestructura vial, el 24% de las líneas de transmisión eléctrica y el 12,5% de la capacidad de generación eléctrica —esta última cifra corresponde a la mitad de la infraestructura de generación asentada en zonas de riesgo— estarían comprometidas. En síntesis, los posibles impactos del cambio climático requerirían que el Estado ecuatoriano invierta en medidas de prevención y adaptación para mitigar potenciales pérdidas económicas que podrían sumar 1.973 millones de dólares al año en la última década de este siglo en el escenario climático A2, lo que se reduciría a un tercio en el B2.

Mapa VI.10  
**ECUADOR: ZONAS DE VULNERABILIDAD FÍSICA FRENTE A EVENTOS CLIMÁTICOS**



**Fuente:** Proyecto Estudio de la economía del cambio climático (ERECC)-Ecuador.

Uno de las probables consecuencias del cambio climático consiste en el incremento en la frecuencia y magnitud de los eventos climatológicos extremos, lo que tendrá diversos efectos en la población, la vivienda y la infraestructura, particularmente la que se encuentra en un alto grado de riesgo. Los daños por inundaciones en las viviendas, las vías de comunicación y algunos cultivos, o por sequías en bosques y cultivos pueden ser cuantiosos: en la década de 2100, en el escenario climático A2, 221.000 viviendas se verían total o parcialmente afectadas y cerca de 1,3 millones de hectáreas de cultivos o bosque podrían sufrir exceso o falta de precipitación.

El impacto económico por eventos extremos asociados al cambio climático, además de los que se proyectarían en condicionales normales, sería perceptible principalmente a partir de la década de 2050, en la que se registrarían pérdidas por valor de 413 millones de dólares corrientes, mientras que en la última década del siglo, estas se incrementarían hasta alcanzar 1.560 millones de dólares anuales.

En conclusión, los resultados de la valoración económica del impacto del cambio climático en los diferentes sectores analizados arrojan hasta ahora un saldo neto negativo en el Ecuador. Hacia fin de siglo, los costos podrían variar entre 1.350 millones y 2.700 millones de dólares corrientes anuales, dependiendo del escenario global de emisiones que prevalezca en el planeta, B2 o A2, respectivamente, lo que puede significar una pérdida anual del 2% del PIB proyectado para la última década. A estos costos habría que añadir los asociados a la pérdida de biodiversidad y ecosistemas y los eventos extremos adicionales, lo que elevaría considerablemente esas cifras, en particular en el escenario A2. Si bien estos

valores deben considerarse con suma cautela, dada la incertidumbre asociada a los resultados de las proyecciones climáticas y económicas, la falta de conocimiento de numerosos impactos y las limitaciones metodológicas, el valor de los impactos agregados podrían llegar a representar varias veces la cifra del PIB actual utilizando una tasa de descuento del 0,5%. Sin duda, la identificación de medidas de adaptación y la búsqueda de su financiamiento son temas primordiales a considerar en los lineamientos de política destinados a reducir la vulnerabilidad frente a los impactos del cambio climático.

### C. IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL URUGUAY

Las características del territorio del Uruguay son muy importantes para este análisis, ya que está situado por completo en una zona templada, de ambiente húmedo, precipitación irregular sin estación seca y temperaturas medias. En general, las precipitaciones son líquidas y, rara vez, sólidas —granizo o nieve— y se caracterizan por su alta variabilidad.

En el escenario A2 se espera en el país un aumento de la temperatura de algo más de 3°C al final del siglo, mientras que en el B2 se espera un aumento algo menor y, en ambos escenarios, un escaso incremento de las precipitaciones, acompañadas de una mayor variabilidad interanual (véase el cuadro VI.2). Además, tomando en cuenta los escenarios elaborados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), las principales consecuencias del cambio climático en el Uruguay serán una mayor frecuencia e intensidad de los eventos extremos y un aumento del nivel medio del mar.

Cuadro VI.2  
**URUGUAY: ESTIMACIONES DE LA TEMPERATURA MEDIA Y LA PRECIPITACIÓN MEDIA EN  
LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO A2 Y B2**

Temperatura media (En grados Celsius)			Precipitación media (En milímetros diarios)		
Año	Escenario A2	Escenario B2	Año	Escenario A2	Escenario B2
2006	17,64	17,64	2006	3,41	3,41
2030	18,91	18,35	2030	3,41	3,51
2050	18,88	18,88	2050	3,43	3,52
2070	19,69	19,31	2070	3,45	3,56
2100	20,71	19,96	2100	3,63	3,70

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), “La economía del cambio climático en Uruguay. Síntesis”, *documentos de proyectos*, N° 330 (LC/W.330), Santiago de Chile, 2010.

A partir de los escenarios de cambio climático, se analizan los efectos económicos que se podrían presentar en el Uruguay. Para ello se formularon dos escenarios socioeconómicos para 2100, sobre la base de los elaborados por la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP) para la Estrategia Uruguay III Siglo, en los que se considera una hipótesis de significativa dinámica económica y elevado uso de los recursos naturales, y otra con una menor dinámica económica y un mayor cuidado de los recursos naturales. Estos escenarios socioeconómicos, en los que no se toman en cuenta los impactos del cambio climático, se utilizaron para elaborar los diferentes estudios sectoriales. A ellos se agregaron los efectos del cambio climático (escenarios A2 y B2, respectivamente).

Respecto de los recursos hídricos, se observa una mayor demanda de agua, que no llega a poner en riesgo la capacidad de las distintas cuencas, salvo la de la laguna Merín (cuenca destinada a atender el riego para la producción de arroz). El aumento proyectado entre 2006 y 2100 de la demanda de agua potable sin cambio climático (86%) crecería en el escenario dinámico con cambio climático A2 un 5% adicional. Por su parte, el aumento de la demanda de agua sería del 0,4% anual en el escenario socioeconómico conservador, con un incremento similar al caso anterior (5%) en el escenario climático B2. El impacto económico provocado por el aumento de la temperatura en la demanda de agua potable arrojó un efecto negativo de relativa significancia.

En cuanto al sector energético, se analizaron escenarios de demanda para 2030 utilizando un modelo internacional desarrollado a estos efectos para el Uruguay. Luego, sobre la base de los escenarios socioeconómicos formulados y de supuestos sobre la intensidad energética futura, se extrapolaron los resultados a 2100, incorporando los impactos del cambio climático con un modelo econométrico. A partir de allí, se definieron las fuentes energéticas que se usarán para enfrentar la demanda adicional, teniendo en cuenta que no se podría ampliar la oferta hidroenergética, por lo que se debería recurrir a fuentes térmicas. A efectos de cuantificar el impacto económico del aumento de la demanda energética por el cambio climático, se adoptó un valor de referencia de 70 dólares por barril de petróleo, lo que implicaría un significativo gasto acumulado adicional de 3.722 millones de dólares, actualizado a una tasa de descuento del 4% anual en el escenario dinámico con cambio climático A2 y de 2.283 millones de dólares en el escenario de mínima con cambio climático B2 hasta el año 2100.

El sector agrícola exhibiría un mayor rendimiento ante el aumento de la temperatura hasta un punto en el que el proceso empieza a revertirse. Por lo tanto, en el escenario A2 el cambio climático beneficiaría al sector agropecuario en las próximas décadas y luego tendría efectos negativos en la segunda mitad del siglo, mientras que en el escenario B2 las consecuencias serían positivas durante todo el período, siempre y cuando se utilicen técnicas de manejo que no degraden ni desertifiquen los suelos ante la ampliación de la frontera agrícola prevista en las hipótesis (véase el cuadro VI.3).

Cuadro VI.3  
**URUGUAY: IMPACTO EN EL VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN Y EL PIB DEL SECTOR  
AGROPECUARIO EN LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO A2 Y B2, 2007-2100**  
(En millones de dólares de 2007)

	2030		2050		2070		2100	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2
Cereales y oleaginosas	185	92	-194	169	-284	169	-508	169
Productos animales	174	136	-80	182	-160	182	-287	182
Productos forestales	15	6	39	13	52	18	19	18
Valor bruto de la producción	374	233	-235	364	-392	368	-775	368
PIB	229	152	-128	227	-224	229	-441	229

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), "La economía del cambio climático en Uruguay. Síntesis", *documentos de proyectos*, N° 330 (LC/W.330), Santiago de Chile, 2010.

Los impactos en la biodiversidad se midieron con un modelo internacional adaptado al Uruguay, en el que se valoran económicamente los productos que pueden obtenerse de los servicios ecosistémicos terrestres en este caso. El aumento de la temperatura y el ligero incremento de las precipitaciones y su variabilidad provocarían una pérdida apreciable del valor económico de la biodiversidad en los dos escenarios considerados; tras un efecto favorable al inicio del período analizado, su costo oscilará entre el

4% y el 10% del PIB en el escenario A2 y tendrá consecuencias similares en el escenario B2, lo que constituiría uno de los resultados negativos obtenidos en este estudio y, en cierta forma, la contracara del beneficio para el sector agropecuario.

En materia de recursos costeros, se sometieron a análisis las áreas de inundación costera y la erosión. Se tomó en cuenta un área costera de 680 km: 452 km sobre el Río de la Plata y 228 km sobre el océano Atlántico. Se supuso que en el escenario A2 el nivel medio del mar aumentaría progresivamente hasta 1 metro hacia el año 2100, mientras que en el escenario B2 el incremento sería menor. Los efectos en las vías de comunicación, los puertos —sobre todo el de Montevideo— y las grandes obras de saneamiento de Montevideo y Punta del Este presentarían una pérdida de activos estimada en más de 400 millones de dólares. El impacto del proceso de erosión que causaría el mayor nivel del mar correspondiente al escenario dinámico con cambio climático (A2) afectaría más de 11.000 hectáreas, con una pérdida estimada en 1.194 millones de dólares. El 80% de los ingresos turísticos se generan en la costa: la pérdida de playas por la inundación y la erosión determinaría un menor ingreso —438 millones de dólares acumulados a 2100— en el escenario de mayor afectación. Por último, se agregó el valor de los servicios ecosistémicos costeros correspondiente al área perdida por la elevación del mar, que alcanzará los 75 millones de dólares en el período de pronóstico. En síntesis, los impactos totales por la elevación del nivel medio del mar ascenderían a casi 4.000 millones de dólares, acumulados a 2100, en el escenario dinámico con cambio climático (A2), que representan algo más del 12% del PIB de 2008 (véase el cuadro VI.4).

Cuadro VI.4  
**URUGUAY: IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RECURSOS COSTEROS  
EN EL ESCENARIO DINÁMICO CON CAMBIO CLIMÁTICO (A2), 2100**  
(En miles de dólares y porcentajes)

Concepto	Costo		
	En miles de dólares de 2008	En porcentajes	En porcentajes del PIB de 2008
<b>Inundación</b>			
Urbana	1 114 922	28,7	3,5
No urbana	469 230	12,1	1,5
Puertos	342 000	8,8	1,1
Saneamiento	60 000	1,5	0,2
Vías de tránsito	189 500	4,9	0,6
Población	3 252	0,1	0,0
<b>Subtotal</b>	<b>2 178 904</b>	<b>56,1</b>	<b>6,8</b>
Erosión	1 193 969	30,7	3,7
Turismo	437 601	11,3	1,4
Ecosistemas	74 646	1,9	0,2
<b>Totales</b>	<b>3 885 120</b>	<b>100,0</b>	<b>12,1</b>

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), “La economía del cambio climático en Uruguay. Síntesis”, *documentos de proyectos*, N° 330 (LC/W.330), Santiago de Chile, 2010.

En cuanto al turismo, el aumento de la temperatura favorecería el ingreso de turistas, solo contrarrestado en parte por mayores precipitaciones estivales. Al incluir el impacto negativo causado por las inundaciones y la erosión de las playas, el resultado global muestra un beneficio económico en las próximas décadas, que se torna negativo en la segunda mitad del siglo por los efectos del aumento del nivel medio del mar.

Por último, se estimaron los efectos del cambio climático en los eventos extremos, por medio de modelos de asignación de probabilidades, con hipótesis basadas en un aumento de la frecuencia y los costos en las próximas décadas, independientemente de los fenómenos de El Niño —sequías— y La Niña —inundaciones—. Los resultados obtenidos indican que las pérdidas son considerables y crecientes a lo largo del período, sobre todo en el escenario A2. Estos triplican y duplican los costos tendenciales sin cambio climático, bajo los supuestos de los escenarios climáticos A2 y B2, respectivamente.

Sobre la base de los cálculos descritos y los supuestos adoptados en el estudio, los impactos totales del cambio climático tendrían un costo considerable para la economía uruguaya en las próximas décadas, que acumulado podría ascender a casi 20.000 millones de dólares, con una tasa de descuento del 4% y en el escenario climático más adverso (un 50% del PIB de 2008). En términos de pérdida anual, en el escenario A2 y bajo el supuesto de mayor equidad intergeneracional, estos valores podrían representar un 1% del producto hasta 2100.

Cuadro VI.5  
**URUGUAY: COSTOS TOTALES DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO HASTA 2100**  
(En porcentajes del PIB de 2008)

Sectores	Tasa de descuento anual: 0,5%			Tasa de descuento anual: 2%			Tasa de descuento anual: 4%		
	A2	B2	Promedio de los escenarios	A2	B2	Promedio de los escenarios	A2	B2	Promedio de los escenarios
Agropecuaria	20,0	-41,3	-10,7	2,8	-20,4	-8,8	-2,8	-9,6	-6,2
Energía	64,0	37,4	50,7	27,3	16,4	21,9	10,8	6,6	8,7
Turismo	-0,3	-3,0	-1,6	-1,5	-2,3	-1,9	-1,5	-1,5	-1,5
Agua	2,5	2,3	2,4	1,3	1,1	1,2	0,6	0,5	0,6
Recursos costeros	8,5	6,1	7,3	3,2	2,1	2,6	1,0	0,6	0,8
Biodiversidad	16,9	12,1	14,5	11,2	5,6	8,4	7,4	2,1	4,8
Desastres	36,0	11,7	23,9	17,0	5,3	11,2	7,8	2,2	5,0
<b>Subtotal</b>	147,7	25,3	86,5	61,3	7,8	34,6	23,2	1,0	12,1
<b>Costos indirectos</b>	130,8	25,5	78,1	68,7	9,7	39,2	26,9	-0,6	13,1
<b>Totales</b>	278,5	50,8	164,7	130,0	17,4	73,7	50,2	0,4	25,2

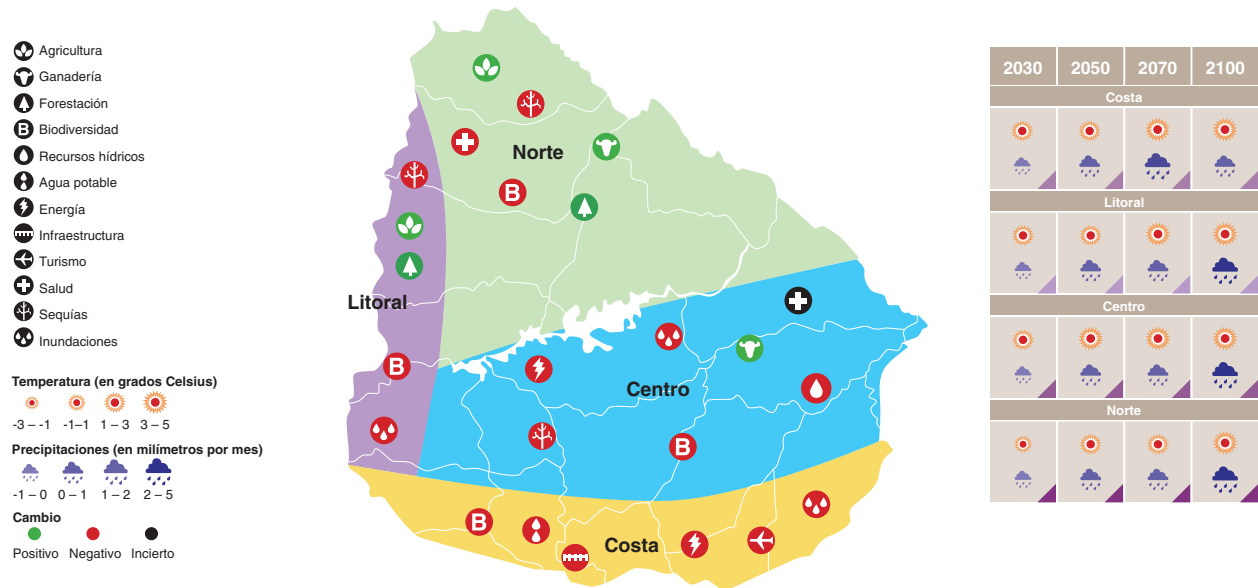
**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), “La economía del cambio climático en Uruguay. Síntesis”, *documentos de proyectos*, N° 330 (LC/W.330), Santiago de Chile, 2010.

En términos sectoriales, se destaca que el agro arrojaría beneficios, que se verían contrarrestados con holgura por los costos de la mayor frecuencia e intensidad de los eventos extremos, los efectos en la biodiversidad y el aumento de la demanda energética. Falta aún estimar algunos impactos económicos asociados a los cambios en los recursos hídricos en lo que se refiere a las interrelaciones con otros sectores, por ejemplo, la energía eléctrica, los efectos en el sector de la salud (por falta de información, inexistencia de antecedentes claros y la posibilidad de aparición de nuevas enfermedades desconocidas en el país) y los recursos pesqueros, entre otros.

Los principales resultados obtenidos, que se presentan en el mapa VI.11, revelan diversas vulnerabilidades y brindan información clave sobre los impactos del cambio climático para diseñar políticas y estrategias orientadas a enfrentar los desafíos de este fenómeno y sus efectos en la sociedad y la economía nacionales.



Mapa VI.11  
URUGUAY: RESUMEN DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, 2030-2100



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), “La economía del cambio climático en Uruguay. Síntesis”, *documentos de proyectos*, N° 330 (LC/W.330), Santiago de Chile, 2010.

## D. IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CENTROAMÉRICA

El cambio climático representa una seria amenaza para las sociedades centroamericanas por los múltiples impactos previstos en la población y en los sectores productivos. En términos fiscales, constituye un pasivo público contingente que afectará las finanzas públicas de los gobiernos durante generaciones. Se estima que en 2030 Centroamérica seguirá produciendo una muy mínima parte de las emisiones de GEI del planeta, pero ya es una de las regiones más vulnerables a sus consecuencias. El incremento de la temperatura atmosférica y del mar, la reducción y la inestabilidad del régimen de lluvias y el aumento del nivel del mar, aunados a la intensificación de los fenómenos meteorológicos extremos —como sequías y huracanes— tendrán repercusiones en la producción, la infraestructura, los medios de vida, la salud y la seguridad de la población, además de debilitar la capacidad del ambiente para proveer recursos y servicios vitales.

Las vulnerabilidades socioeconómicas de Centroamérica se exageran por su ubicación geográfica y climática en un istmo estrecho que sirve de puente entre dos continentes, situado entre dos sistemas oceánicos: el Pacífico, por una parte, y el Caribe y el Atlántico, por la otra, con sus correspondientes procesos climáticos. La subregión se ve gravemente afectada por sequías y ciclones, y por el fenómeno de El Niño/Oscilación Austral. En las últimas tres décadas, las tendencias de precipitación muestran una disminución, sobre todo en la región oeste, y un aumento de la temperatura de entre 0,7°C y 1°C. Dado que existe un aporte significativo de factores dependientes del clima a las actividades económicas, como por ejemplo en la agricultura, estos cambios climáticos incidirán cada vez más en la evolución económica de la subregión durante el presente siglo. Al mismo tiempo, Centroamérica tiene valiosos ecosistemas con abundante biodiversidad: bosques, corales y manglares,

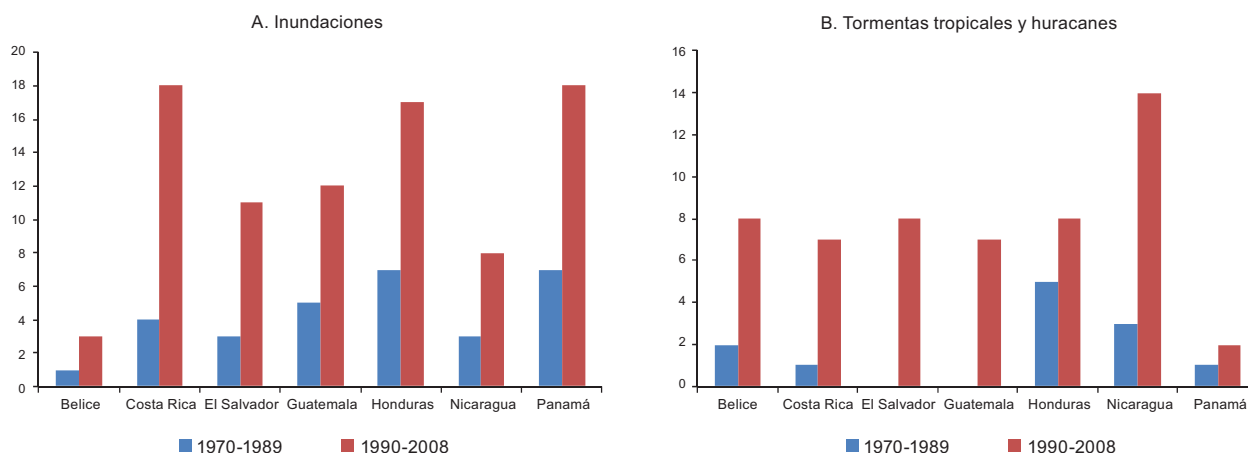
entre otros, proveedores de múltiples servicios a la población. Estos ecosistemas sufren, y en algunos casos ya están severamente degradados, por el patrón de desarrollo insostenible vigente, y se verán más afectados aún por el cambio climático.

Sobre la base de tres modelos predictivos, con un escenario de emisiones conservador (B2), a 2100 la temperatura aumentaría entre 2,2°C y 2,7°C, dependiendo del país, con un promedio de aumento regional de 2,5°C respecto del promedio de 1980-2000. En el escenario A2, la temperatura podrá subir entre 3,6°C y 4,7°C dependiendo del país, con un promedio regional de 4,2°C. La trayectoria esperada en los niveles de precipitación es más incierta y con mayores diferencias entre países. En el escenario de emisiones globales B2 para 2100, se espera una reducción media del 11%; mientras que en el escenario A2, el promedio de la disminución es del 28%.

Los sectores y ámbitos sensibles al cambio del clima se evaluaron tomando en cuenta los resultados climáticos y los escenarios tendenciales de crecimiento económico, de poblaciones y de cambio en el uso del suelo. Las áreas estudiadas se relacionan con los impactos de los eventos extremos, el análisis y la disponibilidad de los recursos hídricos, los efectos en el sector agropecuario y la biodiversidad.

En Centroamérica se han registrado 248 eventos extremos mayores asociados a fenómenos climáticos entre 1930 y 2008. Hay evidencia de múltiples eventos de menor escala cuyos efectos acumulativos no se han evaluado. Los eventos más recurrentes son inundaciones, tormentas, deslizamientos y aluviones, seguidos por las sequías, con un 85% y un 9%, respectivamente, de los eventos totales registrados.

Gráfico VI.1  
**CENTROAMÉRICA: PRINCIPALES EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS, 1970-2008**  
(En número de eventos registrados)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base del Centro Regional de Información sobre Desastres (CRID), Emergency Events Database (EM-DATA), 2010 [en línea] <http://www.emdat.be/Database/terms.html>.

Los eventos con mayor impacto medido son los asociados a ciclones tropicales y cuya presencia se acentúa en la costa atlántica. En las tres últimas décadas, estos eventos registran un crecimiento anual estimado del 5% respecto de lo observado en la década de 1970. Hay evidencia acerca de que el aumento de la intensidad de los huracanes y las tormentas está asociado al cambio climático, y que esta podrá aumentar entre el 5% y el 10% durante este siglo con respecto a las últimas cuatro décadas. Si se confirma que el aumento registrado en las últimas décadas en la frecuencia de estos sucesos también es atribuible al cambio climático, se tendrán que incluir los costos relacionados con su frecuencia e intensidad.

En cuanto a los recursos hídricos, Centroamérica es considerada una región privilegiada en términos de disponibilidad de agua, pero con una distribución muy desigual tanto geográfica —entre países y zonas, y entre las vertientes del Pacífico y del Atlántico—, como temporal, con grandes variaciones anuales e interanuales. Esta situación, relacionada con la precipitación, genera tanto inundaciones como períodos severos de sequía. Con el aumento previsto de la población, la demanda de agua podrá expandirse casi un 300% a 2050 y más del 1.600% a 2100 en un escenario tendencial sin medidas de ahorro y sin cambio climático. Con cambio climático, la demanda podrá aumentar entre un 20% y un 24% por encima de este escenario base al incluir las variaciones climáticas de los escenarios B2 y A2, respectivamente. Al mismo tiempo, la disponibilidad total de agua renovable podrá bajar un 35% con relación a la situación actual en el escenario B2 y un 63% en el A2 a 2100, siendo especialmente afectado El Salvador, seguido por Honduras y Nicaragua.

En el cuadro VI.6 se muestran los resultados de la combinación de cambios en la demanda y disponibilidad de agua con cambio climático: un posible índice de intensidad de uso en 2100 del 36% para la subregión con el escenario futuro sin cambio climático, del 140% en el escenario B2 y superior al 370% en el escenario A2 si no se toman medidas de adaptación y ahorro.

Cuadro VI.6  
**CENTROAMÉRICA: ÍNDICE DE INTENSIDAD DE USO DEL AGUA, 2000-2100**  
(En porcentajes)

Escenario	2000	2020	2030	2050	2070	2100
Base	3,19	4,69	5,84	9,36	15,61	35,53
B2	3,61	6,97	6,23	20,45	37,78	141,28
A2	3,40	5,47	5,25	18,24	31,16	372,92

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

El indicador de intensidad de uso arroja que ya en el escenario base, todos los países, excepto Belice, sobrepasarían con creces el 20%, reconocido a nivel internacional como un valor crítico de estrés hídrico, similar al de Egipto y algunos países de la península arábiga en la actualidad.

Los costos del cambio climático en el sector hídrico representan la cantidad de recursos que deberán invertirse para garantizar el abastecimiento de agua para consumo en los sectores municipal (consumo humano directo) y agropecuario, a consecuencia de un aumento en la temperatura y cambios en la precipitación, que a la larga traen aparejada una menor disponibilidad renovable. El costo acumulado estimado para Centroamérica en el escenario B2, en promedio, es equivalente al 5,4% del PIB de 2008 y al 9,8% en el escenario A2, a una tasa de descuento del 0,5%. Ambos escenarios muestran una tendencia similar: los costos se mantienen relativamente bajos hasta 2030, pero comienzan a subir a partir de 2070.

El sector agropecuario, incluida la agroindustria, es uno de los motores de la economía de la región y aportan el 18% del PIB total<sup>3</sup> si se considera la contribución de la agroindustria, que será uno de los sectores más afectados por el cambio climático. Según las estimaciones iniciales a nivel agregado para la subregión en el escenario con cambio climático A2 a 2100, el índice agropecuario arrojaría una reducción de aproximadamente un 9%, siendo particularmente afectado el índice pecuario con una caída del 13%.

Si bien el análisis agregado no refleja la gran diversidad de situaciones que se darán en los países y las diferencia de un país a otro, los costos para el conjunto del sector agrícola a una tasa de descuento del 0,5% se mantienen relativamente bajos durante la primera mitad del siglo XXI, con valores menores al 4% del PIB regional, en promedio, en ambos escenarios. No obstante, a partir de 2050, los costos se incrementan de forma acelerada. Por ejemplo, en el escenario B2 pasarían al 7% en 2100, y en el A2 podrían llegar al equivalente del 11% del PIB de 2008, es decir, los costos en la segunda mitad del siglo, como mínimo, se duplicarían. Considerando la relación con otros sectores, los efectos indirectos en la producción de alimentos, en el sector de manufacturas y en la importación de productos agropecuarios provocarían un aumento considerable de los costos para la región.

Centroamérica contiene el 7% de la biodiversidad del planeta y gran diversidad geológica, geográfica, climática y biótica. En el escenario de cambio tendencial de uso del suelo (sin cambio climático) su índice de biodiversidad potencial bajará aproximadamente un 13% durante este siglo, sobretudo hasta 2050. En los escenarios de cambio climático B2 y A2, su índice de biodiversidad potencial disminuiría un 33% y un 58%, respectivamente, a 2100. Los países más afectados serían Guatemala, Nicaragua, El Salvador y Honduras, con reducciones de entre un 75% y un 70% del índice de biodiversidad potencial en el escenario A2<sup>4</sup>.

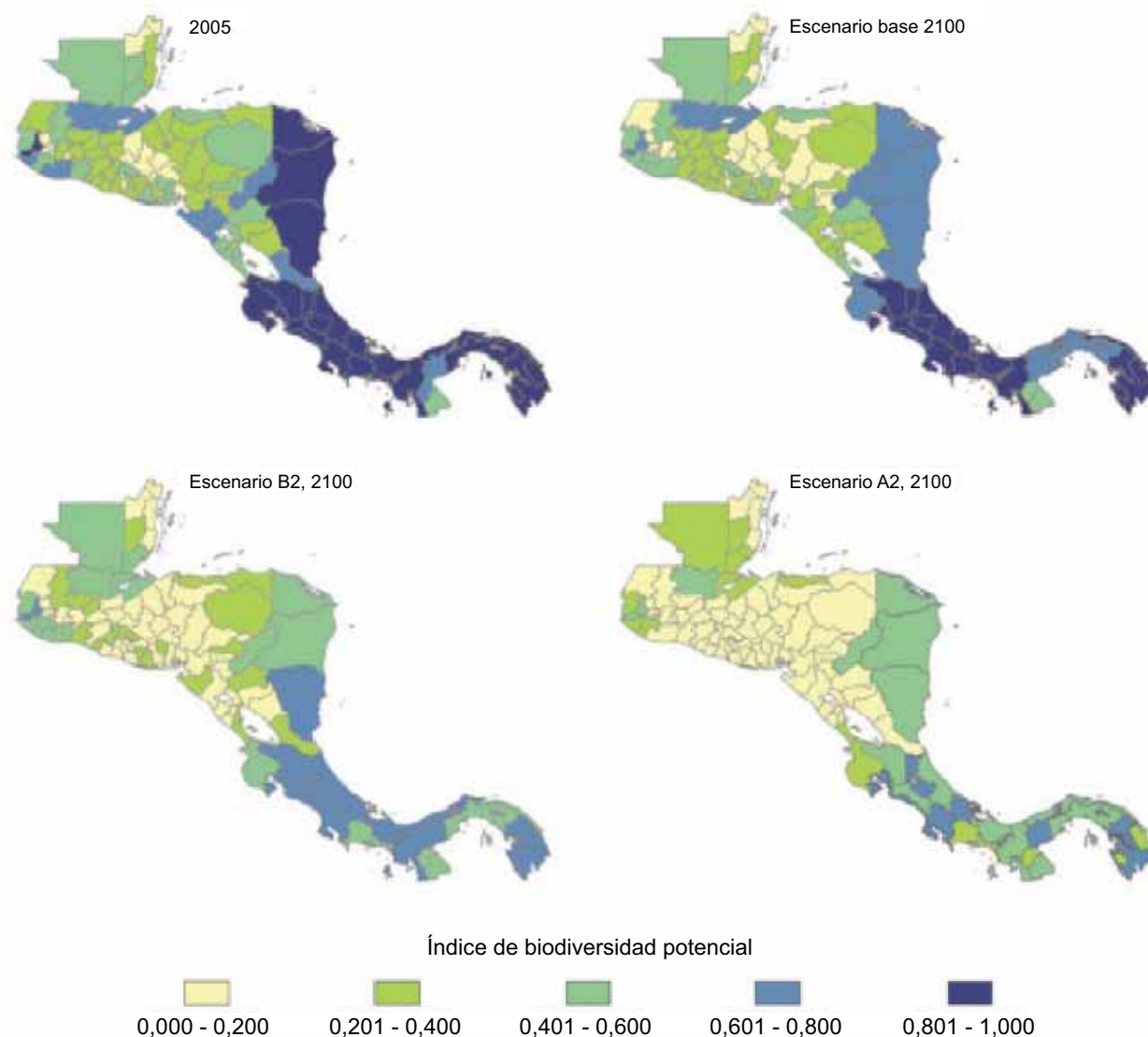
Sobre la base de una valorización directa e indirecta, se prepararon estimaciones de costos en función del cambio que el índice presentaría en los escenarios B2 y A2 en relación con el escenario base. La estimación del costo regional, en promedio, para 2100 con una tasa de descuento del 0,5% es de alrededor del 12% y el 18% en los escenarios B2 y A2, respectivamente. Cabe señalar que estas diferencias siguen la misma dirección para todos los países, pero con distinta magnitud, debido a los cambios diferenciados de condiciones climáticas que inciden en el índice de biodiversidad potencial. Los costos indirectos, comparados con los directos, son significativamente mayores en todos los casos.

---

<sup>3</sup> En estos datos no se incluye a Belice.

<sup>4</sup> El índice de biodiversidad potencial refleja la probabilidad de encontrar mayor diversidad de especies y ecosistemas en función de una serie de variables relevantes, por lo tanto, no necesariamente coincide con el número de especies y ecosistemas existentes en la actualidad.

Mapa VI.12  
**CENTROAMÉRICA: ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD POTENCIAL EN 2005, EN EL ESCENARIO BASE (SIN CAMBIO CLIMÁTICO) Y EN LOS ESCENARIOS B2 Y A2 A 2100**



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Al agregar los impactos sectoriales hasta ahora analizados, los resultados muestran que los costos iniciales estimados son crecientes a partir de 2050 en la mayoría de los ámbitos analizados y, en general, bastante elevados al finalizar el siglo. Las estimaciones iniciales se basan en los impactos identificados y cuantificados de los eventos extremos (huracanes, tormentas e inundaciones) y en los sectores agrícola, recursos hídricos y biodiversidad. El costo acumulado a 2100 en el escenario A2 es equivalente a 73.000 millones de dólares corrientes, aproximadamente el 54% del PIB regional de 2008 a valor actual neto (VAN) y con una tasa de descuento del 0,5%. Por otra parte, el costo acumulado estimado en el escenario

B2 a 2100 es de alrededor del 32% del PIB de 2008 a una tasa de descuento del 0,5%. Es importante resaltar que las estimaciones indican que el mayor aumento de costos ocurriría en la segunda mitad del siglo. En los cuadros VI.7 y VI.8 se presentan los resultados estimados para el escenario A2, identificando tanto los costos sectoriales como los costos por país.

Cuadro VI.7  
**CENTROAMÉRICA: ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS SECTORIALES ACUMULADOS  
EN EL ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO A2, 2020-2100**  
(En porcentajes del PIB de 2008, valor actual neto)

Impactos	Tasa de descuento del 0,5%				Tasa de descuento del 2%				Tasa de descuento del 4%			
	2020	2030	2050	2100	2020	2030	2050	2100	2020	2030	2050	2100
Agrícola	1,3	2,5	3,7	11,1	1,2	2,1	2,9	5,4	1,1	1,8	2,1	2,8
Biodiversidad	0,2	0,6	2,3	18,0	0,1	0,4	1,5	6,8	0,1	0,3	0,9	2,2
Agua	0,4	0,8	2,0	9,8	0,4	0,7	1,4	4,0	0,3	0,5	0,9	1,6
Eventos extremos	0,2	0,4	2,7	14,9	0,2	0,3	1,7	6,0	0,2	0,2	1,0	2,1
Total	2,1	4,3	10,7	53,8	1,9	3,5	7,5	22,2	1,7	2,8	4,9	8,7

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Cuadro VI.8  
**CENTROAMÉRICA: ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS ACUMULADOS POR PAÍS EN EL ESCENARIO  
DE CAMBIO CLIMÁTICO A2, 2020-2100**  
(En porcentajes del PIB de 2008, valor actual neto)

Países	Tasa de descuento del 0,5%				Tasa de descuento del 2%				Tasa de descuento del 4%			
	2020	2030	2050	2100	2020	2030	2050	2100	2020	2030	2050	2100
Belice	2,7	6,0	17,0	94,7	2,5	4,9	11,6	38,6	2,2	3,9	7,5	14,5
Costa Rica	1,2	2,8	8,6	46,6	1,1	2,3	5,9	19,0	0,9	1,8	3,7	7,17
El Salvador	1,6	3,5	8,9	43,2	1,4	2,9	6,2	18,0	1,2	2,3	4,0	7,16
Guatemala	2,0	4,3	11,9	63,6	1,8	3,6	8,2	25,8	1,6	2,8	5,3	9,9
Honduras	2,5	5,0	14,7	79,6	2,3	4,2	10,1	32,4	2,0	3,3	6,4	12,3
Nicaragua	3,0	6,8	18,0	89,8	2,7	5,6	12,4	37,1	2,4	4,4	8,1	14,6
Panamá	1,2	3,1	7,0	34,6	1,1	2,5	4,9	14,4	1,0	2,0	3,2	5,7
Centroamérica <sup>a</sup>	1,7	3,9	10,4	53,9	1,5	3,2	7,2	22,1	1,3	2,5	4,6	8,5

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

<sup>a</sup> El cálculo para Centroamérica corresponde al valor actual neto de la suma de los costos de los países y no al promedio de los costos de los países.

Los impactos del cambio climático en Centroamérica en un escenario de emisiones crecientes e inacción global (escenario A2 del IPCC) son significativos, aumentan con el tiempo y presentan cierto grado de heterogeneidad a nivel nacional. Existe un alto nivel de incertidumbre debido a la interacción entre las variables económicas y las condiciones del clima, así como los aspectos sociales, políticos y culturales; no obstante, los resultados del análisis de los impactos sugieren que se puede estimar una relación aproximada e indicativa entre las modificaciones en las condiciones climáticas y los costos económicos.

## **E. IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR AGROPECUARIO EN PAÍSES SELECCIONADOS Y EN CENTROAMÉRICA**

En las investigaciones empíricas sobre el cambio climático en el sector agropecuario se ha identificado que los efectos están asociados principalmente a aumentos de las concentraciones de CO<sub>2</sub>, cambios de la temperatura, variabilidad de los patrones de precipitación, disponibilidad de recursos hídricos y presencia anómala de eventos extremos. No obstante, los resultados muestran relaciones complejas por los límites específicos de tolerancia y resistencia de los cultivos —los diferentes cultivos presentan a su vez propiedades intrínsecas que se manifiestan en curvas de rendimientos relacionadas con la temperatura y las precipitaciones.

Los impactos climáticos son muy heterogéneos. Las variaciones esperadas en las variables climáticas presentarían impactos de diversa magnitud y signo en las producciones agrícolas de la región. Dependiendo del cultivo y de la geografía, algunos productos pueden presentar rendimientos óptimos o subóptimos. Por ello, las variaciones proyectadas en la precipitación y la temperatura pueden ocasionar mejoras en algunos rendimientos en el corto plazo. Sin embargo, en el largo plazo la producción agrícola de la región tendería a decaer, en algunos casos drásticamente, lo que traería aparejados riesgos potenciales en materia de seguridad alimentaria y suministro de las cadenas de producción agroindustriales. Lo anterior generaría impactos indirectos de gran magnitud.

Por otra parte, la búsqueda de mejores condiciones físicas para producir provocaría desplazamientos de la frontera agrícola de cada país, lo que aceleraría los procesos de deforestación debido a la existencia de una relación inversa entre la superficie de bosques y la superficie agrícola.

### **1. Argentina**

La Argentina es uno de los países de la región en el que durante las últimas tres o cuatro décadas se observaron cambios muy marcados en las condiciones climáticas que afectaron los sistemas naturales y las actividades humanas. Hubo un aumento de las lluvias medias anuales en gran parte del territorio, pero especialmente en el noreste y en la zona oeste periférica a la región húmeda tradicional, y un aumento en la frecuencia de lluvias extremas en gran parte del este y centro del país. También aumentó la temperatura en la zona cordillerana de la Patagonia y Cuyo, lo que favoreció el retroceso de glaciares y la disminución de los caudales de los ríos de origen cordillerano en San Juan, Mendoza y Comahue.

De acuerdo con las proyecciones del modelo PRECIS (en el escenario A2) hacia fines del siglo se producirían aumentos de las precipitaciones en gran parte del territorio argentino, que alcanzarían entre el 25% y el 50% en algunas regiones de la cuenca del Plata, aunque, por el contrario, las lluvias se reducirían en la región cuyana y el norte de la Patagonia. Las temperaturas aumentarían entre 1°C y 1,5°C en la década de 2020, mientras que, hacia fines de siglo, los incrementos podrían llegar a 6°C en partes del norte y noreste del país.

Recuadro VI.2  
**LA BIODIVERSIDAD EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**

En términos de biodiversidad, América Latina y el Caribe se distingue no solo por la alta concentración de especies vegetales y animales endémicas, sino también por su heterogeneidad climática y de ecosistemas. Esto se expresa en la superficie de áreas protegidas de la región, que con 4 millones de km<sup>2</sup> representa el 20% de todas las áreas protegidas del mundo.

Todavía existe mucha incertidumbre sobre los impactos del cambio climático en la biodiversidad. Los informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y la información que progresivamente se va incorporando adelantan pérdidas y degradación de ecosistemas relevantes, especialmente de aquellos con rangos climáticos limitados o pequeñas poblaciones, así como la probable extinción de un número significativo de especies. Entre los efectos que ya se están documentando en los ecosistemas terrestres, se encuentra el desplazamiento hacia los polos y hacia zonas de mayor altura.

La protección de la biodiversidad representa un elemento clave en las estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático. Los servicios ambientales que provee la biodiversidad contribuyen a reducir las secuelas del cambio climático. Los servicios vinculados a los recursos hídricos, como el almacenamiento y la regulación de caudales, reducen los efectos del cambio climático asociados a cambios en las precipitaciones. Otros ecosistemas, como manglares y arrecifes coralinos, juegan un papel significativo en la mitigación de impactos de eventos hidrometeorológicos extremos, cuya frecuencia e intensidad es previsible que aumenten. La producción agrícola también es un servicio relevante: la existencia de material genético agropecuario diverso aumenta la resiliencia y la capacidad de adaptación de los cultivos. Todos ellos son de gran importancia económica.

Respecto de la mitigación del cambio climático, el IPCC estima que la deforestación y el cambio en el uso del suelo son responsables de alrededor del 20% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) a escala mundial y un tercio de las emisiones de los países en desarrollo, principalmente de las áreas tropicales. América Latina y el Caribe es la región del mundo que más contribuye a las emisiones de GEI por esta vía. En este sentido, los bosques y otros ecosistemas de la región constituyen sumideros de carbono que, además, se asocian a otros beneficios de los servicios ambientales adicionales que proveen.

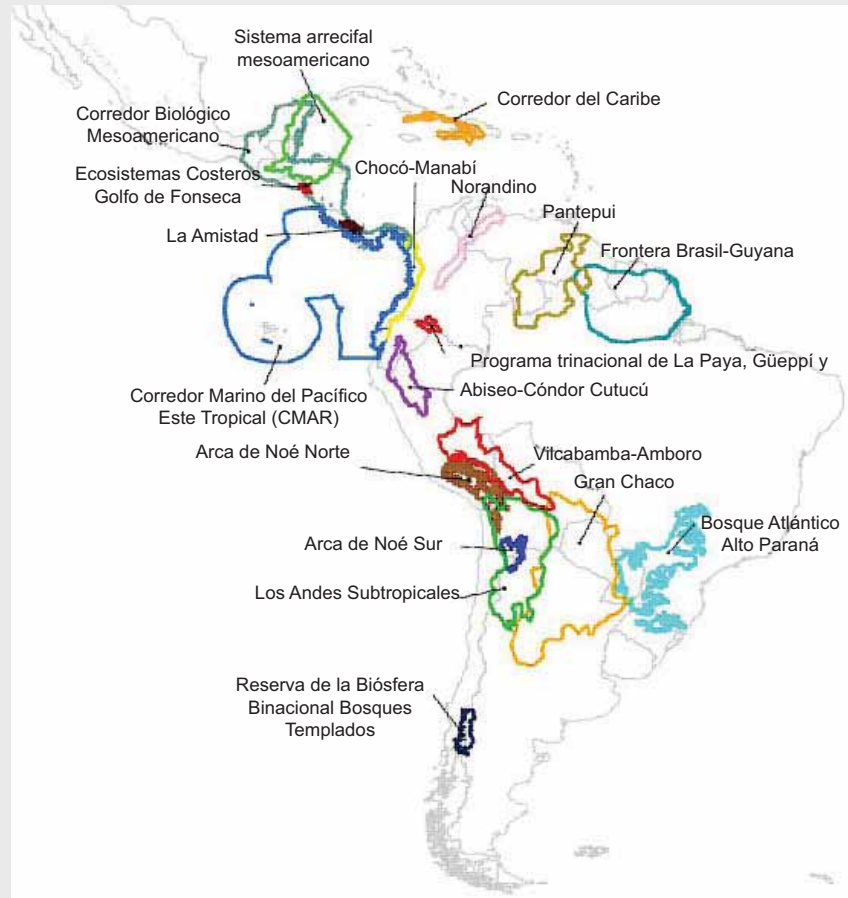
Las áreas protegidas y los corredores biológicos son hoy las herramientas principales para la conservación de la biodiversidad. Para adaptarse a los cambios generados por el cambio climático, muchas especies deberían desplazarse a zonas que coinciden con sus rangos de tolerancia a la temperatura y las precipitaciones. Sin embargo, la velocidad a la que ocurrirán los cambios es muy superior a la velocidad con que las especies pueden desplazarse y asentarse. Por lo tanto, es esperable que se produzcan desfases entre la disponibilidad de hábitats y óptimos climáticos para una cantidad no despreciable de especies. Los corredores biológicos, que conectan distintas áreas protegidas, facilitan el desplazamiento de especies hacia espacios con condiciones climáticas adecuadas.

El fortalecimiento de la gestión de las áreas protegidas y los corredores biológicos y su posible ampliación constituyen elementos clave de una estrategia de adaptación para la conservación de la biodiversidad. En Chile se ha estimado el costo de reforzar el sistema de áreas protegidas en la ecorregión valdiviana mediante la adquisición de terrenos aledaños. Dependiendo del escenario climático, A2 o B2, los montos oscilan entre 2.557 millones y 1.248 millones de dólares para incrementar la red de áreas protegidas en 717.000 y 367.000 hectáreas, respectivamente. En el caso del Uruguay, una primera estimación de los costos de las medidas de adaptación para la protección de la biodiversidad alcanza a 16 millones de dólares de 2008. Estas medidas consisten en el fortalecimiento del monitoreo de los cambios en los principales ecosistemas y de la gestión de áreas protegidas, así como al manejo de los procesos productivos. A partir de la información obtenida, se diseñarán medidas más concretas que probablemente impliquen la compra de tierras.

Desde una perspectiva regional, existen áreas de acción promisorias. Un reciente estudio de la CEPAL en la región ha identificado 19 corredores de conservación transnacionales. En total, estos corredores representan una superficie de 797 millones de hectáreas, de las cuales alrededor de 430 millones no están en ninguna de las categorías de protección. La protección efectiva de estos corredores, que demanda la creación de nuevas áreas protegidas, constituye un elemento esencial para enfrentar los impactos del cambio climático en la biodiversidad. Combinando las alteraciones previstas en el patrón de precipitaciones, en la temperatura y en la disponibilidad de agua en el escenario A2, los corredores que se verán más afectados son el programa trinacional de La Paya, Güepí y Cuyabeno, el bosque atlántico del Alto Paraná, los Andes subtropicales y el norandino.



Recuadro VI.2 (conclusión)

**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: CORREDORES DE CONSERVACIÓN TRANSNACIONALES**

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Base de datos mundiales sobre zonas protegidas (WDPA) del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Sobre la base de las proyecciones climáticas mencionadas, se evaluó el impacto de los cambios en la productividad de los cultivos de soja, trigo y maíz en condiciones de secano, la incidencia de las principales enfermedades de estos y el contenido de carbono orgánico del suelo en la región pampeana y partes del norte argentino. Los impactos en los rendimientos y el contenido de carbono del suelo se estimaron con modelos de simulación DSSAT, y el cambio en la incidencia de enfermedades, mediante modelos agrometeorológicos. En las regiones de Cuyo y la Patagonia norte, donde predominan las producciones de regadío, se estimó la disponibilidad de agua para riego sobre la base de los cambios en la oferta y la demanda hídrica de los diferentes sectores. Los cambios en la oferta se estimaron con modelos hídricos y los cambios en la demanda respondieron a las necesidades de cada sector según la evolución estimada en la línea de base (consumo humano, agricultura, industria).

Los rendimientos medios de la soja, el maíz y el trigo podrían sostenerse o incrementarse levemente si se consideran los efectos del CO<sub>2</sub>. Los rendimientos de soja podrían incrementarse, mientras que la productividad del maíz y el trigo se mantendría en valores cercanos a los actuales (véase el

cuadro VI.9). No obstante, cabe aclarar que el aumento de rendimiento por mejoras en las condiciones climáticas ocurriría en zonas que actualmente se consideran marginales debido no solo al clima desfavorable, sino también a la presencia de suelos muy frágiles y problemas serios de erosión eólica, por lo que la expansión a estas regiones sería bastante dificultosa.

Cuadro VI.9  
**ARGENTINA: CAMBIOS ESPERADOS EN LOS RENDIMIENTOS MEDIOS  
DE TRIGO, MAÍZ Y SOJA, 2080**  
(En porcentajes)

Cultivo	Escenario A2		Escenario B2	
	Con efecto CO <sub>2</sub>	Sin efecto CO <sub>2</sub>	Con efecto CO <sub>2</sub>	Sin efecto CO <sub>2</sub>
Trigo	3	-16	3	-11
Maíz	1	-24	0	-15
Soja	14	-25	19	-14

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

<sup>a</sup> Expresados como la diferencia porcentual entre los períodos 2070-2100 y 1970-2000. Los resultados se presentan considerando el efecto fertilizante del CO<sub>2</sub> (con efecto CO<sub>2</sub>) y sin considerarlo (sin efecto CO<sub>2</sub>) para los dos escenarios socioeconómicos (A2 y B2).

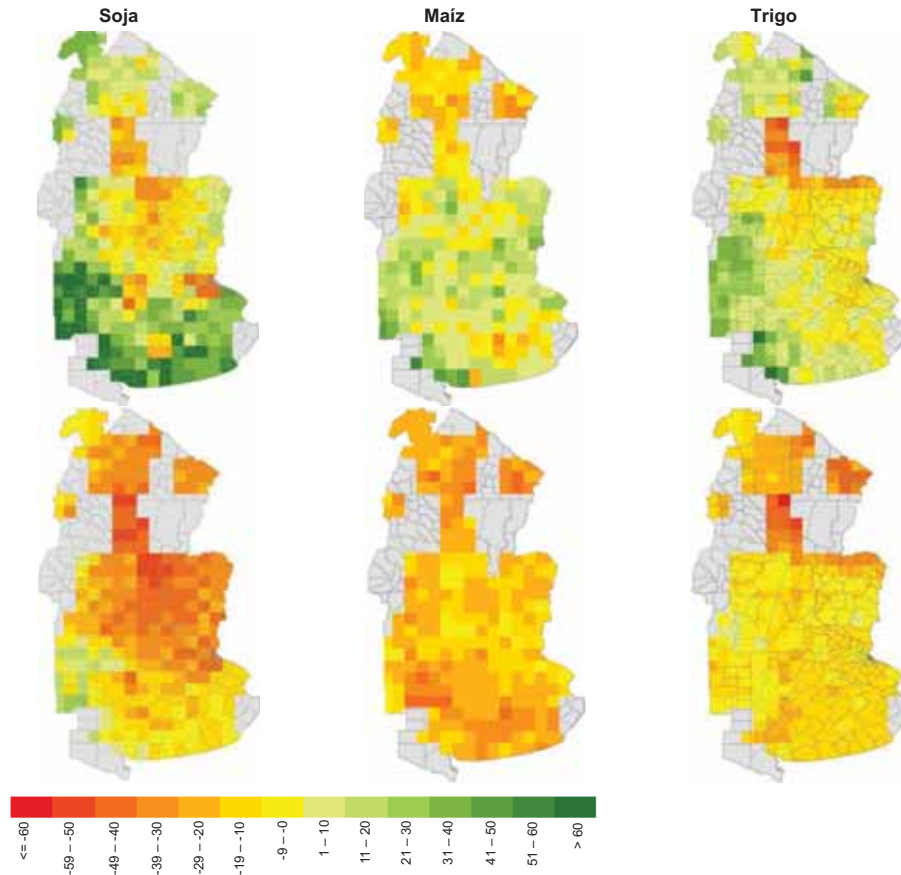
Se esperan diferencias espaciales de gran envergadura en el comportamiento de los rendimientos. El sur y el oeste de la región pampeana se verían favorecidos por el aumento en la productividad de los tres cultivos. En partes del norte y noroeste del país aumentaría la productividad de soja y levemente la de trigo. Por el contrario, en el centro-norte de la región pampeana, zona típicamente sojera, el rendimiento de la soja y el trigo se vería afectado, y en el noroeste se observarían importantes reducciones del rendimiento del maíz (véase el mapa VI.13).

En la peor situación (escenario A2) y si no se producen los efectos fertilizantes del CO<sub>2</sub>, el rendimiento de cereales y oleaginosas se vería afectado en la mayor parte de la región pampeana hacia fines del siglo. Los rendimientos de soja y maíz tendrían caídas cercanas al 25%, mientras que el rendimiento de trigo disminuiría un 16% (véanse el cuadro IV.9 y el mapa VI.13).

En la región pampeana, el cambio climático favorecería la incidencia de agentes patógenos vegetales. Se espera un incremento de las enfermedades de fin de ciclo en la soja, especialmente en la provincia de Córdoba (una de las de mayor aporte a la producción nacional) donde el número de años de infección severa podría elevarse más del 60% hacia fines del siglo; en el maíz, se esperan aumentos del número de años de ataque severo del vector del mal de Río Cuarto en toda el área endémica, en particular, en el norte (más del 30%), mientras que para el trigo se prevé un leve incremento de la fusariosis de la espiga en el sur de la región (10%) y disminuciones en el norte (hasta un 20%).

Los suelos pampeanos y del norte del país perderían importantes cantidades de carbono orgánico por la acción conjunta del cambio climático y la siembra continuada de cultivos con escaso aporte de residuos. Con aumentos de temperatura de 2°C a 3°C y leves incrementos de las precipitaciones (5% a 15%) la siembra continuada del cultivo de soja durante 30 años reduciría en un 30% el carbono del suelo en la región pampeana y el 45% en partes del norte argentino. La inclusión de gramíneas (trigo y maíz) en los sistemas productivos reduciría las pérdidas entre un 6% y un 8%.

Mapa VI.13  
**ARGENTINA (REGIÓN PAMPEANA): CAMBIOS EN EL RENDIMIENTO DE SOJA, MAÍZ Y TRIGO**  
**EN EL ESCENARIO A2 CONSIDERANDO EL EFECTO DEL CO<sub>2</sub> Y SIN CONSIDERARLO, 2080<sup>a</sup>**  
*(En porcentajes)*



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información de los estudios de la economía del cambio climático (ERECC).

<sup>a</sup> El área gris corresponde a zonas sin cultivar.

La actividad frutihortícola se vería perjudicada en el norte de la Patagonia. Las disminuciones previstas en las lluvias reducirían entre un 24% y un 35% (escenarios B2 y A2 para 2080) los valores medios de los caudales anuales en la cuenca del río Neuquén y afectarían la actividad frutihortícola de la zona, que incluye frutales de pepita (pera y manzano), vid y, en menor grado, frutales de carozo.

A partir de 2030 se comprometería la disponibilidad de agua para riego en la cuenca norte de Mendoza. En esta cuenca de la región cuyana, que en 2000 contaba con el 75% de las plantaciones de vid y el 55% de la superficie cultivada con ajo de Mendoza, el agua superficial es utilizada totalmente por los diferentes usuarios y cuando esta escasea, se recurre al agua subterránea para el 70% del área cultivada. En el escenario futuro más benévolo, los aumentos previstos en la demanda debido al crecimiento poblacional estimado para 2030 comprometerían la disponibilidad de agua subterránea para riego, lo que elevaría su costo a valores inaccesibles para un gran número de productores (4.500 pesos argentinos anuales por hectárea), lo que los dejarían fuera de la actividad. Además, la intensificación de los procesos actuales de salinización reduciría notablemente la calidad del agua.

## 2. Chile

En Chile se observaron reducciones de las precipitaciones en la zona centro-sur a partir de la década de 1970 y aumentos de temperatura en el valle central, especialmente en la cordillera. Por el contrario, en la zona de la costa y el océano, la temperatura tiende a disminuir.

Las proyecciones del modelo PRECIS indican aumentos generalizados de temperatura que, en el corto plazo, serían más acentuados en el Altiplano. Hacia fines de siglo, la temperatura aumentaría entre 3°C y 4°C en el escenario A2 y entre 2°C y 3°C en el escenario B2 en todo el territorio chileno, incluido el extremo austral. Los calentamientos serían más pronunciados en lugares que reciben menor influencia del océano (más altas o más alejadas de la costa). En ambos escenarios (A2 y B2) se prevén reducciones de las precipitaciones que alcanzarían entre el 10% y el 20% en la zona del norte chico en el corto plazo (2020-2040). En el mediano plazo (2040-2070), las precipitaciones se reducirían entre las regiones de Antofagasta y Los Lagos y se incrementarían en la región de Magallanes. Hacia fines del siglo, entre Antofagasta y Los Lagos las lluvias disminuirían hasta un 40% en el escenario A2, en tanto que aumentarían en el extremo austral y el Altiplano.

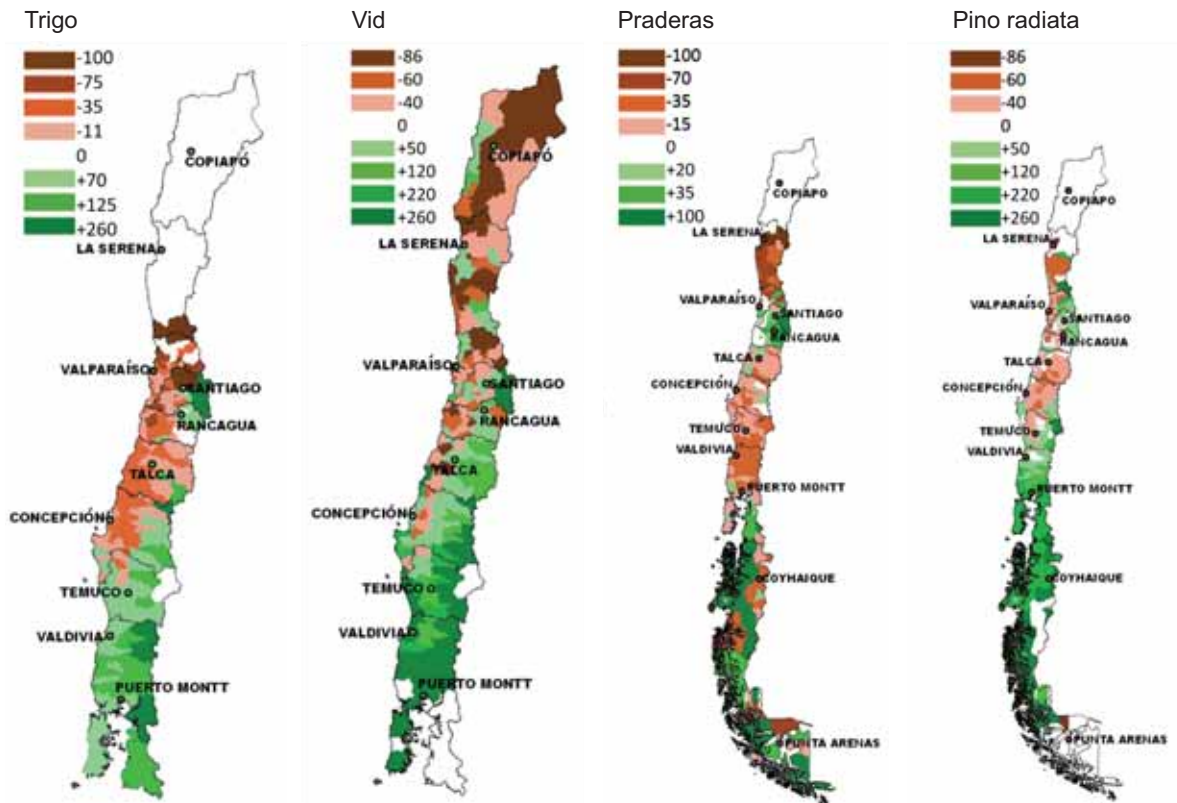
Sobre la base de estas proyecciones, se estimaron los impactos en la productividad de cultivos anuales, frutales (incluidas la vid), praderas y plantaciones forestales, mediante el uso del modelo SIMPROC, capaz de simular regulaciones en el riego de acuerdo a las restricciones existentes en la dotación de agua para los cultivos de regadío.

En el centro y centro-norte de Chile la disponibilidad de agua será una de las principales limitaciones para el sector silvoagropecuario. En las cuencas situadas entre los paralelos de 30° y 42° de latitud sur (al norte del río Maipo), se esperan reducciones en la disponibilidad de agua para riego durante los períodos más críticos (fin de primavera y verano) por la disminución y el cambio en la temporalidad de los caudales y la desaparición progresiva de las masas de hielo acumuladas en los glaciares. En el período 2010-2040, las reducciones serían del 15% en la cuenca del Aconcagua (escenario A2) y hacia fines de siglo (2070-2100) oscilarían entre el 30% en la cuenca del Maipo (escenario B2) y el 65% en la cuenca del Aconcagua (escenario A2). Al sur del río Maipo, pese a que disminuirían las precipitaciones y aumentarían las temperaturas, existe suficiente holgura en la disponibilidad de agua para suponer que no habría impactos importantes en el sector silvoagropecuario. En tanto, en el extremo norte del país (cuencas endorreicas y altiplánicas) el comportamiento resulta incierto, con probables reducciones en el futuro cercano y aumentos hacia fines del siglo.

El calentamiento, la falta de agua y el incremento de la evapotranspiración reducirán la productividad en el centro-norte del país. Por el contrario, el aumento de la temperatura, el descenso de las heladas y la mayor disponibilidad de agua favorecerían a la región sur. Se esperan disminuciones en la productividad de los cultivos de invierno (trigo, avena y cebada), los frutales, la vid y las plantaciones de pino radiata en el centro y norte del país, a excepción de ciertas zonas del valle central, donde podría elevarse la productividad de los cereales. Todas las especies se verían favorecidas en el sur del territorio (véase el mapa VI.14). Las especies frutales de hojas caducas —frutas de pepita, frambuesos, arándanos y cerezos— serían las más perjudicadas porque no se cubrirían sus requerimientos de horas de frío y por su gran sensibilidad a las temperaturas elevadas. Las condiciones serán especialmente amenazantes en el valle central a partir de mediados de siglo. Los impactos en los árboles frutales de carozo y las vides serían de menor magnitud, ya que son menos sensibles a las variables citadas.

Mapa VI.14

**CHILE: CAMBIOS RELATIVOS EN LA PRODUCTIVIDAD DE TRIGO DE SECANO, VID, PRADERAS NATURALES Y PINO RADIATA EN EL ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO A2, 2040-2070**  
(En porcentajes)

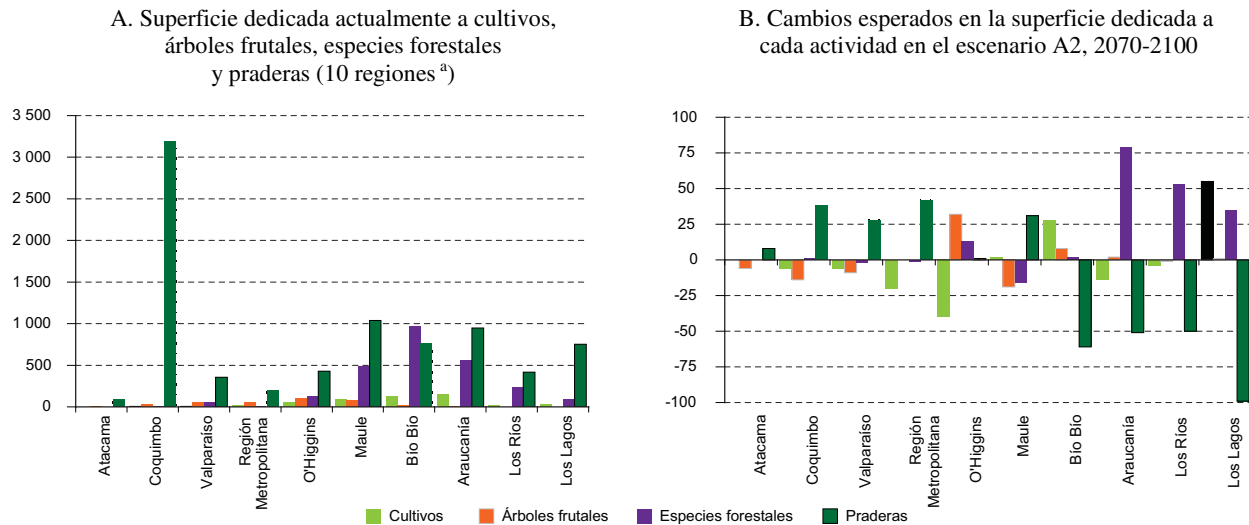


**Fuente:** Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED), *Análisis de vulnerabilidad del sector silvoagropecuario, recursos hídricos y edáficos de Chile. Segunda comunicación nacional de Chile*, Santiago de Chile, 2008.

Se espera un desplazamiento de la actividad forestal y la agricultura hacia el sur del país (Araucanía, Los Ríos y Los Lagos), zona que se tornaría climáticamente más apta para la producción (véase el gráfico VI.2). En respuesta a la variación en la rentabilidad de la tierra como consecuencia de las alteraciones climáticas, se desarrolló un modelo econométrico para estimar el cambio potencial en el uso del suelo. Se estableció que la superficie cultivada se mantendría constante a lo largo del tiempo y solo habría una reasignación de actividades.

El aumento de la temperatura podría favorecer la producción de especies subtropicales en casi todas las regiones del país. Temperaturas invernales más benignas posibilitarían la inclusión de especies actualmente limitadas por heladas y temperaturas inferiores a sus requerimientos.

Gráfico VI.2  
**CHILE: SUPERFICIE CULTIVADA**  
*(En miles de hectáreas)*



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

<sup>a</sup> Ordenadas en sentido norte-sur.

### 3. Ecuador

Los cambios observados en el clima del Ecuador durante las últimas décadas consisten en incrementos de la temperatura media de entre 0,5°C y 1,6°C según la zona, y un comportamiento irregular de las lluvias con tendencias decrecientes en la región litoral. Las estimaciones realizadas con el modelo PRECIS en el escenario A2 indican aumentos de temperatura, especialmente en la sierra y la Amazonía. Los incrementos serían más moderados con el escenario B2. Las precipitaciones tenderían a aumentar en la costa y en la Amazonía y se reducirían en la sierra. En este estudio se desarrollaron relaciones estadísticas para cuantificar el impacto de la modificación de las variables climáticas sobre la productividad. Las ecuaciones tuvieron como variable dependiente los rendimientos medios provinciales durante el período 1985-2008, y como variables explicativas, diferentes combinaciones de temperatura y precipitación y anomalías climáticas según los efectos teóricos de estas en las etapas de desarrollo más sensibles de cada cultivo.

Los cultivos de café, banano, cacao y caña de azúcar serían los más afectados por el cambio climático en el Ecuador. En ambos escenarios, se esperan reducciones en la productividad de estos cultivos, que comenzarían a manifestarse en el corto plazo (2020) y se intensificarían hasta llegar a pérdidas cercanas al 20% en el café y el cacao y al 40% en el banano y la caña de azúcar hacia fines de siglo (2080). La seguridad alimentaria se vería afectada por el cambio climático, dado que disminuiría la productividad del frijol y, en especial, del maíz suave, cultivos sembrados principalmente por pequeños productores de la sierra. Las reducciones más severas (hasta un 40%) tendrían lugar en el cultivo de maíz suave hacia fines del siglo y con el escenario A2. En cambio, el rendimiento de los cultivos de arroz y maíz duro podría mantenerse e inclusive aumentar entre un 25% y un 30% hacia fines de siglo, ya que el cambio climático los beneficiaría.

La disponibilidad de tierras es un factor clave para la producción. En todas las producciones evaluadas, resultó ser la variable no climática más relacionada con la productividad, superando en importancia a la disponibilidad de mano de obra y de infraestructura para riego. Los productores de

subsistencia ubicados en zonas más elevadas del territorio podrían verse beneficiados ante los incrementos de temperatura. En las zonas de mayor altura, la temperatura actual es inferior a la óptima requerida por varias especies, por lo que calentamientos moderados podrían resultar positivos en estas regiones.

#### 4. Paraguay

En el Paraguay, el país más rural de América del Sur, el sector agropecuario aporta entre el 17% y el 20% del PIB nacional y gran parte de la población depende directa o indirectamente de esta actividad. El cultivo de soja es uno de los rubros de mayor importancia y en el período 2007-2008 aportó el 17% del PIB y contribuyó con más del 45% del ingreso derivado de las exportaciones. La mayor parte de la actividad (98%) se desarrolla en condiciones de secano y es muy sensible a las variaciones interanuales del clima, especialmente las relacionadas con las lluvias.

Durante las últimas décadas se observaron cambios en el clima consistentes en tendencias positivas en el régimen térmico y tendencias crecientes en la precipitación, especialmente en el este del país. Las proyecciones climáticas derivadas del modelo PRECIS indican para fines de siglo aumentos de temperatura del orden de los 4,3°C en el escenario A2 y de 3,4°C en el escenario B2, e incrementos moderados de la precipitación, sobre todo durante el período más lluvioso, que serían de mayor magnitud en el escenario A2.

Sobre la base de estos escenarios climáticos, se efectuó el análisis de impactos en el sector agropecuario considerando la agricultura familiar (el 70% de las explotaciones que producen caña de azúcar, algodón, sésamo y mandioca como rubros de renta), la agricultura empresarial (que produce principalmente soja, trigo, maíz y girasol) y la producción de bovinos para carne. Los análisis consistieron en relaciones estadísticas a nivel departamental teniendo en cuenta el rendimiento o la productividad (1992-2008) en función de alteraciones de las variables climáticas. En la mayoría de los cultivos se consideraron las dos estaciones que cubren el ciclo de crecimiento. En los cultivos anuales (mandioca y caña de azúcar) se consideraron los promedios anuales de temperatura y precipitación.

Los aumentos de temperatura y el cambio en la distribución de las lluvias perjudicarían algunos rubros de importancia para el Paraguay. El rendimiento de la soja y el trigo, y la productividad del ganado vacuno para carne, actividades claves para el sector, se reducirían. La producción de carne vacuna sería la actividad más afectada por el cambio climático. A fines de la centuria, las mermas en producción cárnica serían del orden del 27% con el escenario A2 y del 22% con el B2 (véase el cuadro VI.10). Las reducciones en la producción de carne representarían pérdidas equivalentes al 1,8% y el 6,6% del PIB de 2008, hacia mediados y fines del siglo, respectivamente.

El cultivo de soja sería el más perjudicado del sector agrícola. Con el escenario A2 el rendimiento de la soja se reduciría un 10% a mediados de siglo y un 15% hacia fines de la centuria (véase el cuadro VI.10), con mermas que equivaldrían al 1,9% y el 3% del PIB de 2008 en 2050 y 2080, respectivamente. El trigo sería otro de los cultivos afectados, con reducciones del rendimiento que podrían llegar al 9% y el 13% hacia mediados y fines del siglo, respectivamente, con el escenario A2, cifras que representan el 0,3% y el 0,5% del PIB de 2008. El cultivo de algodón se vería levemente afectado, con bajas del rendimiento que alcanzarían el 6% a mediados de siglo.

Cuadro VI.10  
**PARAGUAY: CAMBIOS EN EL RENDIMIENTO DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS  
 Y LA PRODUCTIVIDAD DEL GANADO BOVINO PARA CARNE  
 EN LOS ESCENARIOS A2 Y B2, 2020, 2050 Y 2080**  
*(En porcentajes)*

		A2			B2		
		2020	2050	2080 <sup>a</sup>	2020	2050	2080 <sup>a</sup>
Agricultura empresarial	Soja	-0,3	-10,0	-15,4	0,4	-15,3	-1,8
	Maíz	2,9	2,7	8,2	2,8	0,8	6,4
	Trigo	3,5	-9,2	-12,9	-1,4	1,0	-5,4
Agricultura familiar	Sésamo	15,3	31,4	30,5			
	Poroto	-1,4	10,0	16,2			
	Caña de azúcar	14,0	15,8	14,4			
	Mandioca	16,1	21,8	21,9			
	Algodón	1,8	-6,1	-0,3	-0,9	-7,0	10,8
Ganadería	Bovinos para carne	4,4	-7,4	-27,1	-1,5	-16,2	-22,1

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

<sup>a</sup> Promedio de las estimaciones de 2070 y 2100.

La productividad de algunos cultivos de importancia para la agricultura familiar podría mantenerse o aumentar. Tal es el caso del sésamo, el poroto, la mandioca y la caña de azúcar (véase el cuadro VI.10), que constituyen en su mayoría las actividades que generan renta en las explotaciones familiares de pequeña superficie. Estos resultados son muy inciertos por el bajo nivel explicativo de las variables climáticas en las ecuaciones desarrolladas. Sin embargo, la agricultura familiar sería muy vulnerable, dada la presencia de factores de estrés no climáticos que se intensificarían a lo largo del siglo XXI, como la degradación de los suelos derivada en gran parte de la sobreexplotación del recurso y la disminución de la mano de obra debida al envejecimiento de los productores y la migración rural-urbana del sector más joven de la población.

## 5. Uruguay

El Uruguay es un país esencialmente agropecuario, en el que esta actividad contribuye con más del 65% de las exportaciones y aporta el 15% del PIB nacional (10% del sector agropecuario y 5% de industrias asociadas). El país se encuentra en un proceso de creciente expansión e intensificación de la agricultura y el principal cultivo es la soja, que ocupa cerca del 40% del área sembrada. Otras actividades destacables son los cultivos de trigo, arroz y cebada cervecera, la producción de bovinos para carne y leche, y la actividad forestal. Estas actividades son muy sensibles al clima y su variabilidad, y con frecuencia ocurren eventos extremos, generalmente relacionados con las lluvias, que producen cuantiosas pérdidas económicas.

En los últimos 45 años se observaron cambios significativos del clima que, al igual que en la Argentina, favorecieron la productividad de varios cultivos de verano pero incrementaron el riesgo de inundaciones y sequías. Hubo aumentos de 0,5°C en la temperatura media y del 33% en las precipitaciones anuales. Los cambios incluyen: incremento en la precipitación de primavera y verano; aumento de la temperatura mínima media durante todo el año; disminución de la temperatura máxima media estival; reducción del período y la cantidad anual de heladas, e incremento en la variabilidad interanual de algunas de estas variables (especialmente las lluvias).



Los escenarios climáticos derivados del modelo PRECIS proyectan para fin de siglo aumentos de la temperatura de 3,1°C con el escenario A2 y de 2,3°C con el escenario B2, así como leves aumentos de la precipitación (entre el 6% y el 8%) durante la época más lluviosa (primavera y verano). Sobre la base de estas proyecciones, se estimó el impacto en el sector silvoagropecuario, considerando dos escenarios de evolución del uso del suelo, uno basado en un crecimiento que maximice los ingresos económicos (escenario dinámico), en el que continuarían o inclusive se intensificarían las tendencias de la última década (aumento de la producción de carne y leche, y expansión de áreas con cultivos agrícolas y bosques implantados), y un escenario de mínima, en el que se limitaría la expansión de cultivos y se fortalecerían los sistemas agrícola-ganaderos (véase el cuadro VI.11). Los impactos del cambio climático se estimaron acoplando el escenario dinámico con el escenario de emisiones A2 y el escenario de mínima con el escenario de emisiones B2. Las variaciones en los rendimientos de los cultivos y la productividad de pasturas y especies forestales, derivados de cambios en la temperatura y las precipitaciones, surgieron de resultados obtenidos en trabajos previos.

Cuadro VI.11

**URUGUAY: SUPUESTOS ASUMIDOS PARA LA PROYECCIÓN DEL USO DEL SUELO, 2010-2030**

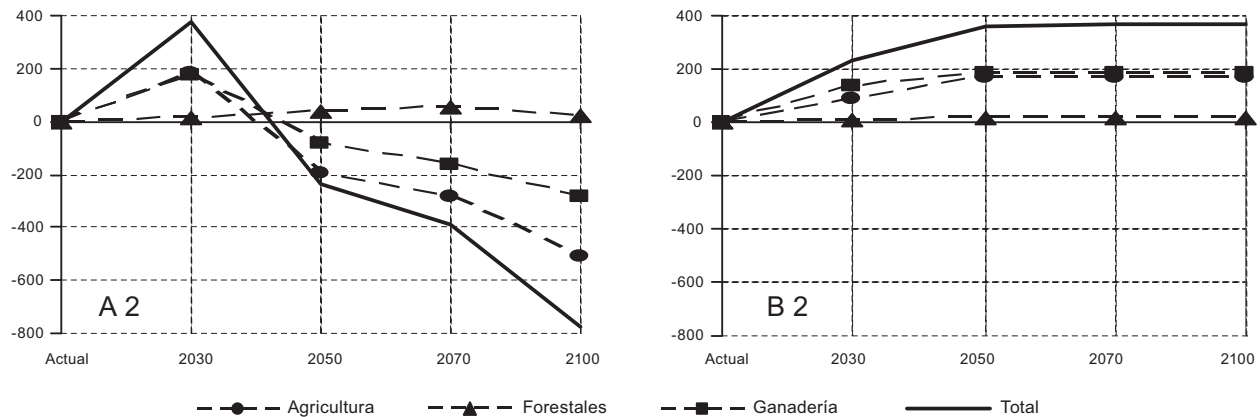
	<b>Escenario dinámico</b>	<b>Escenario de mínima</b>
Expansión de la agricultura	2% anual	0,5% anual
Rotación de cultivos y pasturas en áreas de secano (valor actual: 20%)	10%	30%
Rotación de cultivos y pasturas en áreas arroceras (valor actual: 50%)	32%	45%
Incremento del área con pasturas mejoradas	56.300 ha/año	14.075 ha/año
Aumento de la superficie forestal plantada (actual: 668.000 ha)	63%	25%
Área destinada a madera	23%	82%
Área destinada a fibra	77%	18%

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Los impactos del cambio climático serían beneficiosos para el sector silvoagropecuario del Uruguay durante las próximas décadas. En general, se espera un incremento sostenido de la producción hasta la década de 2030 con el escenario A2, o hasta mediados del siglo con el escenario B2, aunque existen incertidumbres asociadas a los daños potenciales de una mayor variabilidad climática interanual. Los cultivos de verano, el arroz y las pasturas se verían favorecidos con ascensos moderados de la temperatura. El aumento de las lluvias de primavera y verano favorecería la productividad de los principales cultivos estivales (soja y maíz) y del cultivo de arroz en la principal zona arroceras del Uruguay (región este). Las pasturas mejorarían su productividad entre un 4% y un 13%, según la región. El comportamiento de los cultivos de invierno y las especies forestales sería más incierto. Los primeros podrían resultar favorecidos con la reducción de excesos hídricos durante el invierno, aunque la mayor temperatura primaveral y el posible incremento en la incidencia de enfermedades podrían revertir los beneficios. En cierta forma, la situación es similar para los bosques, que podrían beneficiarse con el aumento de las lluvias, pero habría mayor riesgo de enfermedades y plagas.

A partir de 2050, la productividad silvoagropecuaria se vería reducida o estancada en el escenario A2. Sin embargo, en el escenario de mínima y con los cambios previstos en el escenario B2 (aumentos de temperatura cercanos a 2°C), el Uruguay podría sostener sus niveles de producción a lo largo del siglo XXI (véase el gráfico VI.3).

Gráfico VI.3  
**URUGUAY: ESTIMACIONES DEL VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN EN LOS ESCENARIOS  
 DE CAMBIO CLIMÁTICO A2 Y B2 (ACOPLADOS A LOS ESCENARIOS 1 Y 2  
 DE EVOLUCIÓN DEL USO DEL SUELO, RESPECTIVAMENTE)**  
*(En millones de dólares de 2007-2009)*



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), “La economía del cambio climático en Uruguay. Síntesis”, documentos de proyectos, N° 330 (LC/W.330), Santiago de Chile, 2010, cuadro IV.5.

## 6. Centroamérica

El sector agropecuario es uno de los motores de la economía de la región y representa aproximadamente el 11% del PIB total y el 18% si se considera el sector agroindustrial<sup>5</sup>. Asimismo, es el principal abastecedor de alimentos e insumos para la industria y contribuye con el 35% de las exportaciones totales. Este sector y el medio rural absorben una parte importante del empleo y constituye una fuente importante de ingresos para los hogares rurales. No obstante, el dinamismo de la producción es lento, en tanto que el rendimiento se ha mantenido sin variación, lo que afectó su competitividad y sus posibilidades de crecimiento. La baja productividad obedece a la escasa capitalización y los daños derivados de fenómenos climáticos, entre otros factores.

En las últimas cuatro décadas, especialmente en la última, se intensificó la frecuencia de eventos extremos, varios de ellos relacionados con la aparición de huracanes muy intensos con efectos devastadores en el sector agropecuario. Entre 1972 y 2007 los eventos extremos ocasionaron pérdidas por 11.000 millones de dólares (el 5,7% del PIB centroamericano de 2007), de los cuales 3.700 millones de dólares correspondieron al sector agropecuario. Alrededor del 60% de las pérdidas ocurrieron a causa del huracán Mitch en 1998, y afectaron especialmente a Honduras.

El análisis de los impactos en el sector agropecuario en Centroamérica se basa en el enfoque de la función de producción, que analiza los efectos de los cambios en la temperatura y las precipitaciones en los índices de producción agropecuaria, de cultivos, de cereales y de ganado. Una segunda vertiente del análisis se basa en identificar los impactos de las variables climáticas en el rendimiento medio de los cultivos básicos: maíz, frijol y arroz.

Desde la década de 1970, las tendencias históricas de temperatura muestran un aumento de casi 1°C, excepto en Belice, donde alcanza aproximadamente 0,7°C, y Panamá, con 0,5°C. En el período 1980-

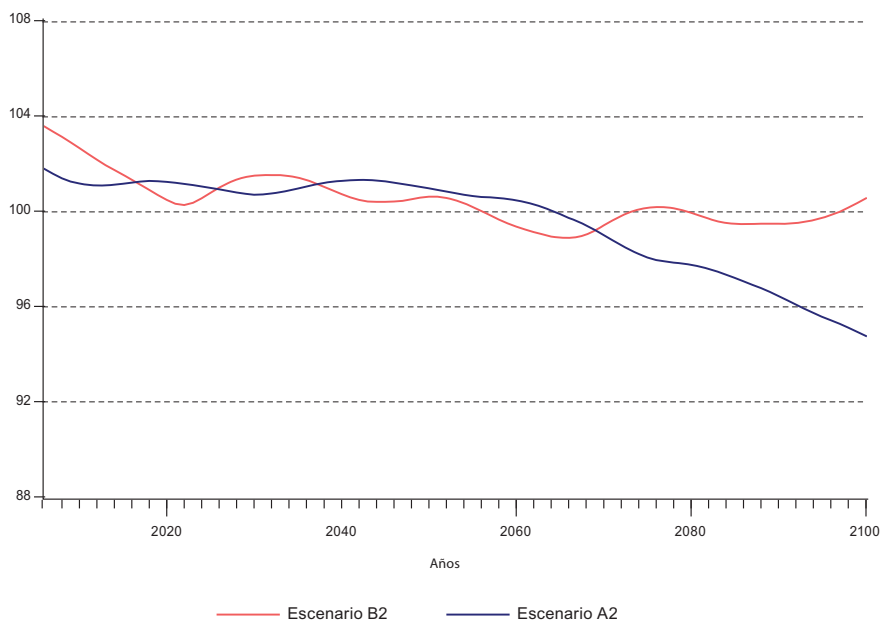
<sup>5</sup> No se incluye a Belice.

2006 se ha registrado en algunos países una ligera disminución de los niveles de precipitación, siendo los más afectados El Salvador y Guatemala con reducciones del 3,6% y el 2,7%, respectivamente. También se registran disminuciones en Honduras (-1,2%). En Nicaragua y Costa Rica se observa cierta estabilidad en los niveles medios de precipitación, con reducciones del 0,4% y el 0,6%, respectivamente, en tanto que Belice y Panamá muestran una tendencia ascendente del 2,7% y el 3,4%.

Las proyecciones de las variables climáticas utilizadas en el estudio surgen a partir del promedio de tres modelos de circulación general para los escenarios A2 y B2. Los cambios proyectados para el resto del siglo incluyen probables reducciones de la precipitación y aumentos de la temperatura. El escenario A2 prevé una mayor reducción de lluvias, con variabilidad creciente, y temperaturas más elevadas que el B2. Estos escenarios se utilizaron para incluir variaciones de temperatura y precipitación en las funciones de producción, suponiendo la inexistencia de cambios tecnológicos y una adaptación nula de los agricultores a los efectos del cambio climático. En el gráfico VI.4 se muestra la modelación de los índices de producción agropecuaria de acuerdo con el promedio de los modelos en los escenarios A2 y B2.

Las temperaturas actuales en la subregión son cercanas o superiores a los valores óptimos para la producción agropecuaria, por lo que se espera que el calentamiento previsto para el resto del siglo, junto con el aumento en la variabilidad de las lluvias, afecte la productividad del sector agropecuario. Los resultados indican consecuencias negativas en las últimas décadas del siglo en todos los índices en el escenario A2 y, en el índice pecuario, también en el B2. Por ejemplo, a 2100, el índice de producción agropecuaria se reduce aproximadamente un 9% en el escenario A2 y un 3% en el B2. Los cultivos se reducen un 10% en el escenario A2 y un 3% en el B2, mientras que el índice pecuario se reduce alrededor de un 13% en el A2 y un 5% en el B2.

Gráfico VI.4  
**CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA EN LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO B2 Y A2, 2006-2100<sup>a</sup>**

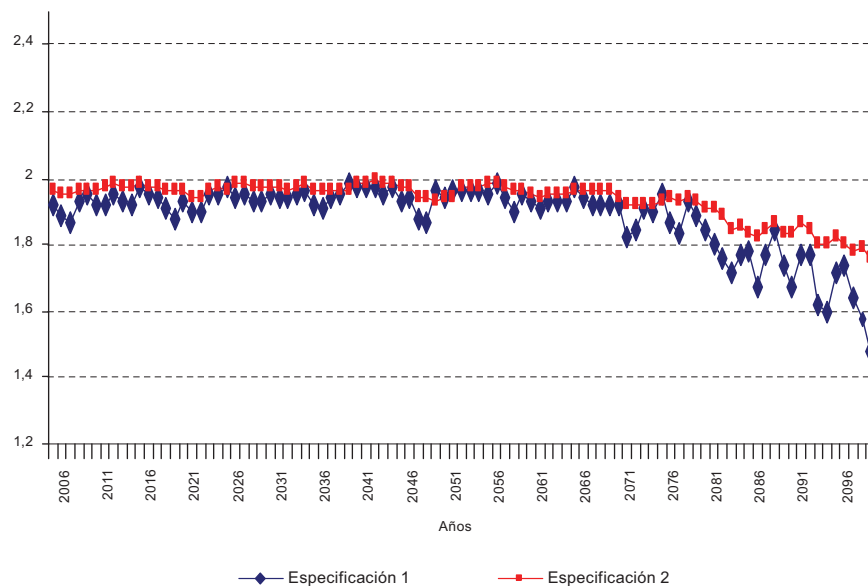


**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

<sup>a</sup> Se aplicó el filtro de Hodrick-Prescott (HP).

También se analizaron los impactos en la producción de maíz, frijol y arroz. En el caso del maíz, el nivel de temperatura óptimo de la región es de alrededor de 26,5°C, adecuado para alcanzar casi 2 toneladas por hectárea. Considerando los niveles de temperatura actuales, el maíz podría tolerar incrementos de entre 1°C y 2°C sin que el rendimiento se viera afectado de manera marcada. Pero si la temperatura media aumentara más de 2°C, se registrarían pérdidas en este cultivo. En cuanto a la precipitación, los resultados muestran que el nivel medio actual es mucho menor que el óptimo. En el escenario A2 el rendimiento en el corto plazo se mantendría alrededor del promedio histórico de 2 toneladas por hectárea y luego decrecería hasta 1,4 toneladas por hectárea cerca del año 2100 (véase el gráfico VI.5). La producción de maíz en el escenario B2 no sufriría mayores impactos hasta fines de siglo. Se identifican amenazas muy serias para el rendimiento del maíz en el escenario A2 hacia finales del siglo para todos los países analizados. De esta forma, los rendimientos en El Salvador, Guatemala y Panamá podrían llegar a niveles muy reducidos si no se toman medidas de adaptación.

Gráfico VI.5  
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO DE MAÍZ EN EL  
ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO A2, 2006-2100<sup>a</sup>  
(En toneladas por hectárea)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

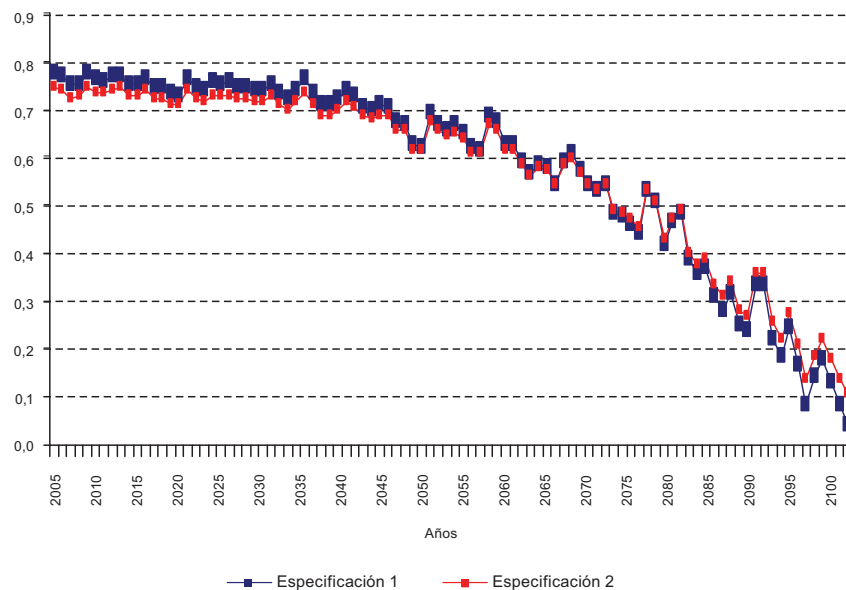
<sup>a</sup> La especificación 1 incluye la temperatura media de noviembre a abril, su cuadrado, la precipitación media y su cuadrado, la superficie provista para riego y el número de población. La especificación 2 incluye la superficie de tierra arable.

Para el frijol, la temperatura media regional ya sobrepasó el nivel óptimo de rendimiento en alrededor de 2,5°C. En cuanto a la precipitación, el nivel actual es ligeramente inferior al del rendimiento máximo. Es probable que, de ocurrir mayores aumentos de temperatura y reducciones o variabilidad en la precipitación, la producción de este cultivo se vea seriamente afectada. En los escenarios A2 y B2, el rendimiento del frijol sufre reducciones sustanciales, pasando de más de 0,7 a menos de 0,1 toneladas por hectárea en el escenario A2 y a 0,5 toneladas por hectárea en el B2 al año 2100. En los análisis por país se

identifican amenazas muy serias al rendimiento del frijol en el escenario A2 hacia finales del siglo. En función de las diferentes especificaciones utilizadas, los rendimientos podrán llegar a niveles muy inferiores en El Salvador y Guatemala (sin considerar medidas de adaptación). En Belice el rendimiento del frijol descenderá a 0,2 toneladas por hectárea en el escenario A2 a fines del siglo. Considerando que gran parte de los productores de este cultivo son pequeños, tienen escasos recursos y rendimiento muy bajo, el impacto de un aumento en la temperatura de entre 1°C y 2°C, aun sin llegar al límite superior de 4°C a 5°C, tendrá repercusiones importantes en toda la región y pondría en riesgo la seguridad alimentaria de grandes segmentos de la población (véase el gráfico VI.6).

La situación del arroz es comprometida. La temperatura media actual es compatible con el nivel óptimo de productividad del arroz, la que se mantendría relativamente estable ante un incremento de la temperatura de hasta 1,5°C. Un incremento mayor tendría un efecto negativo. El promedio regional de la precipitación actual es compatible con el rendimiento óptimo, pero este se reduciría con una disminución de las lluvias de aproximadamente un 15% o superior. Los escenarios proyectados para 2100 muestran que la producción tendería a caer del promedio histórico de 3,5 toneladas por hectárea a un rango de entre 2 y 1 toneladas por hectárea en el escenario A2. En Panamá el rendimiento de arroz en este escenario podría bajar a niveles críticos en las últimas décadas del siglo si no se toman medidas de adaptación (véase el gráfico VI.7).

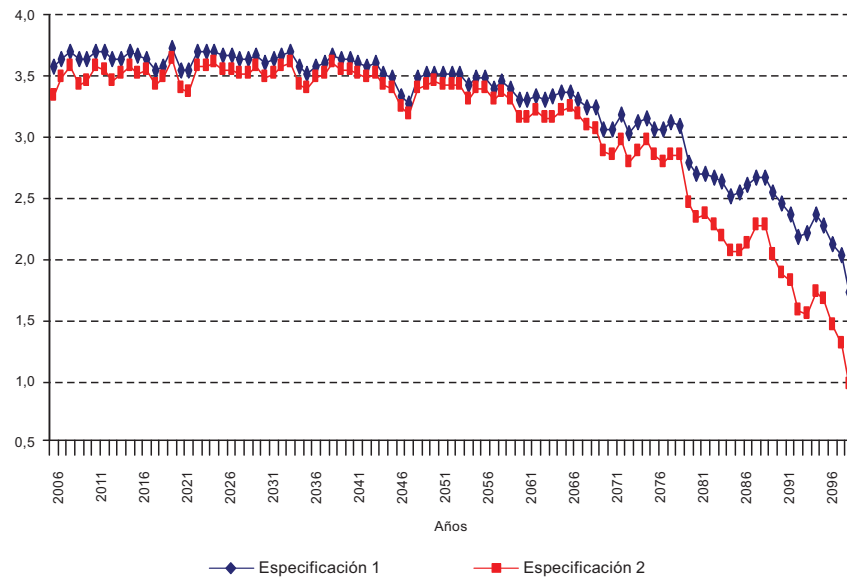
Gráfico VI.6  
**CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO DE FRIJOL  
EN EL ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO A2, 2006-2100<sup>a</sup>**  
(En toneladas por hectárea)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

<sup>a</sup> La especificación 1 incluye la temperatura media de noviembre a abril, su cuadrado, la precipitación media y su cuadrado, la superficie provista para riego y el número de población. La especificación 2 incluye la superficie de tierra arable.

Gráfico VI.7  
**CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ARROZ EN EL ESCENARIO  
 DE CAMBIO CLIMÁTICO A2, 2006 A 2100<sup>a</sup>**  
*(En toneladas por hectárea)*



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

<sup>a</sup> La especificación 1 incluye la temperatura media, su cuadrado, la precipitación media de noviembre a abril y su cuadrado, y la superficie provista para riego. La especificación 2 incluye, además, el número de población.

Considerando la relación de la producción agropecuaria con otros sectores económicos, como la producción de alimentos procesados, la economía familiar de pequeños productores y trabajadores agrícolas, el sector de la manufactura y el aumento de la importación de productos agropecuarios, el cambio climático provocaría un alza de costos considerable para la subregión en su conjunto. Si bien estos se mantendrían relativamente bajos en la primera mitad del siglo XXI, a partir de 2050 se incrementarían de forma acelerada, particularmente en el escenario A2.

Mapa VI.15  
**AMÉRICA DEL SUR Y CENTROAMÉRICA (PAÍSES SELECCIONADOS): RESUMEN DE LOS  
 IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR SILVOAGROPECUARIO**



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información de los estudios de la economía del cambio climático (ERECC) y otras fuentes de información especificadas en cada país.

Más allá de esta estimación inicial de impactos en los rendimientos y sus implicancias económicas, está el hecho de que el maíz, el frijol y el arroz son fundamentales en la provisión de alimento de gran parte de la población centroamericana, ya que un amplio porcentaje de la producción se destina al autoconsumo de pequeños agricultores de bajos ingresos. Por ello, el efecto del cambio climático en las actividades agropecuarias tendrá un impacto significativo en la seguridad alimentaria al reducir la producción de alimentos y el acceso directo a ellos por parte de los productores rurales, además de provocar un aumento de precios o escasez, dependiendo de la posibilidad de realizar importaciones compensatorias. Por lo tanto, las implicaciones son serias para la seguridad alimentaria y la pobreza.

Los resultados evidencian la necesidad de actuar con mecanismos que impidan que las pérdidas del sector alcancen las magnitudes aquí estimadas. Es importante abogar por un acuerdo mundial de reducción de emisiones y estabilización y la posterior reducción de las concentraciones de GEI, a fin de modificar la trayectoria del escenario A2. También es fundamental tomar medidas de adaptación locales, nacionales y regionales, sin esperar un acuerdo mundial.

Recuadro VI.3  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: LA DEGRADACIÓN DE LAS TIERRAS  
Y EL CAMBIO CLIMÁTICO**

La degradación de las tierras o pérdida de productividad biológica y económica de los suelos es un fenómeno que afecta una proporción importante de la región. Ocurre lentamente, sus efectos se manifiestan por lo general en el largo plazo y las pérdidas son irreversibles o muy difícilmente recuperables. A este fenómeno se asocian fenómenos migratorios relevantes, tanto productivos como humanos. Entre las principales causas de este impacto adicional están la erosión por deforestación, la sobreexplotación de las tierras en la agricultura y su contaminación con productos químicos. La destrucción de la cubierta vegetal y en especial la deforestación para la explotación maderera y agrícola emiten gases de efecto invernadero. En América Latina y el Caribe, junto con el sector de energía, el cambio en el uso del suelo es una de las principales fuentes emisoras.

Asimismo, el ascenso de la temperatura y los cambios en las precipitaciones, asociados al cambio climático, afectan la productividad y los procesos de degradación de las tierras al aumentar, por ejemplo, la aridez, el número de meses secos (relación entre precipitaciones y evapotranspiración), la concentración de las precipitaciones y, por lo tanto, su intensidad. Entre las áreas más afectadas, se destacan las zonas de frontera agrícola en sistemas ecológicos de alta fragilidad como las selvas de las vertientes amazónicas de Colombia, el Ecuador y el Perú, donde los procesos antrópicos como la deforestación, la agricultura, la ganadería y la minería aurífera informal provocan severos procesos de degradación.

Estos procesos de degradación de tierras comprometen con rapidez extensas áreas. Por ejemplo, de acuerdo con el proyecto de Evaluación mundial de la degradación de las tierras (GLADA), entre 1982 y 2002, la degradación afectó el 16,4% de la superficie del Paraguay, el 15,3% del Perú y el 14,2% del Ecuador, área que se suma a la ya existente. De mantenerse esta tendencia y dinámica hasta fines de siglo, se estima que los procesos de degradación de tierras pueden llegar a afectar el 66,3% del territorio del Paraguay, el 62,0% de la superficie del Perú y el 57,2% de la del Ecuador.

**AMÉRICA LATINA (PAÍSES SELECCIONADOS): PROYECCIONES DE LAS ÁREAS DEGRADADAS, 2050 Y 2100**  
(En porcentajes del territorio de cada país)

<b>País</b>	<b>2050</b>	<b>2100</b>
Chile	20,8	41,2
Ecuador	28,9	57,2
Bolivia (Estado Plurinacional de)	11,2	22,2
Paraguay	33,5	66,3
Perú	31,3	62,0



## Recuadro VI.3 (conclusión)

Por otra parte, cabe destacar que a los efectos de la degradación debida a las actividades humanas, se suman los efectos del cambio climático. Evaluaciones sobre este fenómeno para el caso del Ecuador muestran que en el pasado y hasta mitad del presente siglo, los principales agentes causantes de la degradación de las tierras son de carácter antrópico, pero que durante la última mitad del siglo XXI y en particular a fines de este, se sumarán crecientemente los efectos climáticos, lo que agravará aún más la situación.

En la región del Chaco en el Paraguay, que en la actualidad es seca, aumentarán las precipitaciones, pero concentradas en muy pocos meses del año, con lo que la vulnerabilidad de esas tierras a la degradación será significativamente mayor. Algo similar ocurrirá en el norte del Perú, ya que el incremento de las precipitaciones tendrá como consecuencia una disminución de la aridez, pero también un incremento de la vulnerabilidad de las tierras a la degradación. En el Estado Plurinacional de Bolivia se estima que ocurrirá lo mismo, y que la zona oriente será la más afectada.

En Chile, en cambio, se ampliarán las zonas áridas y semiáridas debido al aumento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones, con el consecuente desplazamiento hacia el sur de la actual área agrícola de la zona central y centro sur. Ello implicará la necesidad de realizar nuevas inversiones en infraestructura de riego, tanto de almacenamiento como de distribución, para hacer posible la producción en las nuevas áreas.

En el caso de Centroamérica, las estimaciones sobre la situación actual y las proyecciones hasta fines de siglo sugieren que en todos los países, excepto El Salvador, disminuirán de forma marcada los rendimientos de los principales cultivos como consecuencia del avance de los procesos de degradación. En Guatemala, en los escenarios B2 y A2, se estiman pérdidas de un 23% y un 25% del valor bruto de la producción, respectivamente. En cuanto a las pérdidas relativas, le siguen en importancia Belice, Costa Rica y Honduras.

Un hecho que llama la atención es la agudización de la dinámica de degradación de las tierras en varios países del Istmo Centroamericano. La información del GLADA sugiere que Guatemala es el país que registró el proceso de degradación más acelerado entre 1982 y 2002, que afectó el 58,9% de su territorio. Según esta misma fuente, Costa Rica y Honduras presentan una dinámica de degradación de tierras importante pero de menor magnitud y extensión que la mencionada, que llega a afectar el 29,5% y el 38,4% de sus territorios, respectivamente. En El Salvador, en cambio, los resultados obtenidos sugieren una recuperación de la productividad de las tierras, es decir, un mejoramiento relativo de la situación de degradación. Esto puede deberse a que los fuertes procesos de degradación antrópica ocurridos en el pasado reciente y que se reflejan en la línea de base se revierten en las últimas dos décadas, principalmente como consecuencia de una menor explotación de la tierra debida a los intensos procesos migratorios.

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos del proyecto de Evaluación mundial de la degradación de las tierras (GLADA) del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMA).

## VII. EMISIONES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

La evidencia disponible muestra que el cambio climático tiene consecuencias significativas sobre la población, los ecosistemas y las actividades económicas, sobre todo en América Latina y el Caribe, donde estas actividades, la biodiversidad, los bosques y los recursos hídricos son particularmente sensibles al clima. En este sentido, la inacción tiene consecuencias negativas y, en el futuro próximo, un crecimiento económico que no considere las consecuencias climáticas representa una opción riesgosa ante los efectos climáticos previsibles y la posible ocurrencia de eventos extremos catastróficos. Asimismo, existe un riesgo creciente de imposición de medidas unilaterales basadas en el contenido de carbono en el comercio internacional.

Desde una óptica económica, el cambio climático representa una externalidad negativa y, por tanto, su solución debe ser global, con una responsabilidad compartida pero diferenciada por países. En este contexto, su solución deberá traducirse en una mejora del bienestar general, aunque con pérdidas sectoriales o por grupos, que pueden llegar a compensarse de manera adecuada. Resulta fundamental diseñar e instrumentar una estrategia de mitigación global, con sólidos fundamentos económicos, que tome como referencia los patrones regulares de emisiones. Esta es una condición fundamental para lograr un desarrollo sostenible, bajo en carbono y con inclusión social.

Las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera y las emisiones proyectadas en los escenarios inerciales o base para este siglo implican, con una alta probabilidad, un aumento de temperatura, de 2°C para 2050 y de 3°C o 4°C al final del siglo (IPCC, 2007a) (véase el cuadro VII.1). Evitar los escenarios climáticos más extremos requiere instrumentar una estrategia de mitigación global, que reconozca la responsabilidad compartida pero diferenciada por países. Esto implica, en términos generales, alcanzar a mitad de siglo un promedio de emisiones globales de entre 2 y 3 toneladas de CO<sub>2</sub> eq per cápita (Hepburn y Stern, 2008).

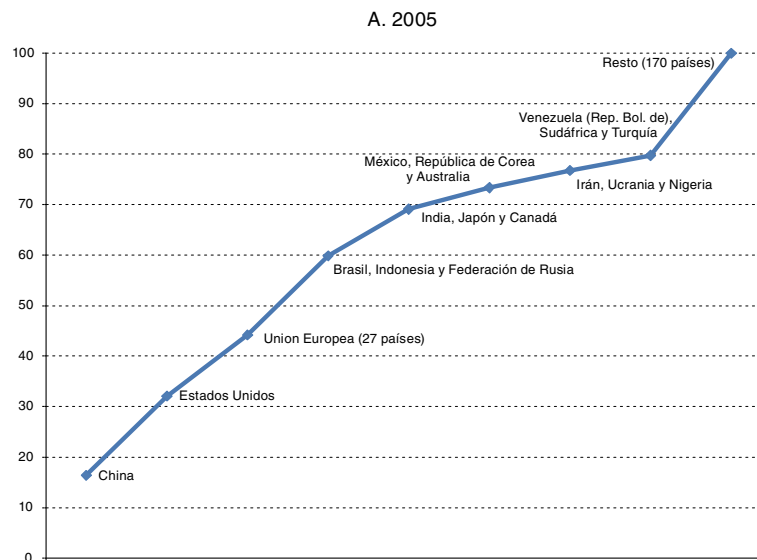
Cuadro VII.1  
**PROBABILIDADES DE SUPERAR UN AUMENTO DE LA TEMPERATURA EN EL EQUILIBRIO**  
(En porcentajes)

Nivel de estabilización de las emisiones (en ppm de CO <sub>2</sub> eq)	2°C	3°C	4°C	5°C	6°C	7°C
450	78	18	3	1	0	0
500	96	44	11	3	1	0
550	99	69	24	7	2	1
650	100	94	58	24	9	4
750	100	99	82	47	22	9

**Fuente:** J.M. Murphy y otros (2004), "Quantification of modelling uncertainties in a large ensemble of climate change simulations", *Nature*, N° 430, 2004.

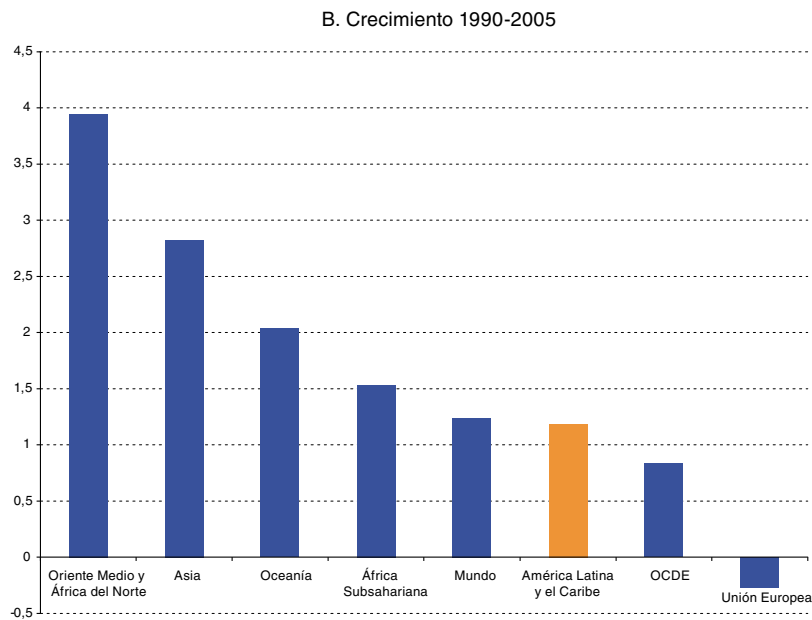
Las emisiones mundiales totales de gases de efecto invernadero alcanzaron en 2005 las 44.130 millones de toneladas métricas de carbono equivalente (MtCO<sub>2</sub> eq) y aumentaron una tasa media anual del 1,24% entre 1990 y 2005 (véase el gráfico VII.1)<sup>1</sup>. En este contexto, América Latina y el Caribe contribuye con el 12% del total mundial de emisiones con un monto de 5.390 MtCO<sub>2</sub> eq y muestra un ritmo de crecimiento similar a la media mundial con un 1,19% entre 1990 y 2005 (véase el gráfico VII.2). Asimismo, se observa que las emisiones por país en la región son muy heterogéneas destacándose una fuerte concentración relativa en algunos países (véase el gráfico VII.2). Además, existen comportamientos diferenciados por fuentes de emisiones y se destaca el crecimiento de las fuentes energéticas y su relativo control de las emisiones provenientes del cambio de uso del suelo (deforestación).

Gráfico VII.1  
**EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO AGREGADAS**  
(En porcentajes)



<sup>1</sup> Las emisiones de gases de efecto invernadero se expresan en CO<sub>2</sub> equivalente utilizando los potenciales de calentamiento en 100 años que se encuentran en el segundo informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 1995). Los gases de efecto invernadero incluidos son: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nítrico (N<sub>2</sub>O). A estos se suman los gases con alto potencial de calentamiento: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). En concordancia con los informes realizados por los países en virtud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se incluyen los sectores de energía, procesos industriales, agricultura, cambio de uso del suelo y bosques y desperdicios. Asimismo, el sector energético se subdivide en electricidad y calefacción, transporte, manufactura y construcción, otro tipo de quema de combustible y gases fugitivos. Los datos de emisiones utilizados fueron obtenidos de Instituto de los Recursos Mundiales (WRI), "Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 7.0", 2010 [en línea] [www.cait.wri.org](http://www.cait.wri.org).

Gráfico VII.1 (conclusión)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Instituto de los Recursos Mundiales (WRI), “Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 7.0”, Washington, D.C., 2010 y K.A. Baumert, T. Herzog y J. Pershing, *Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy*, Washington, D.C., Instituto de los Recursos Mundiales (WRI), 2005.

**Nota:** La participación porcentual se refiere al total de gases de efecto invernadero. Los países se fueron agregando progresivamente a partir de la importancia de su participación en el total de emisiones.

**Gráfico VII.2**  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: EMISIONES DE GASES DE EFECTO**  
**INVERNADERO AGREGADAS<sup>a</sup>**  
*(En porcentajes)*

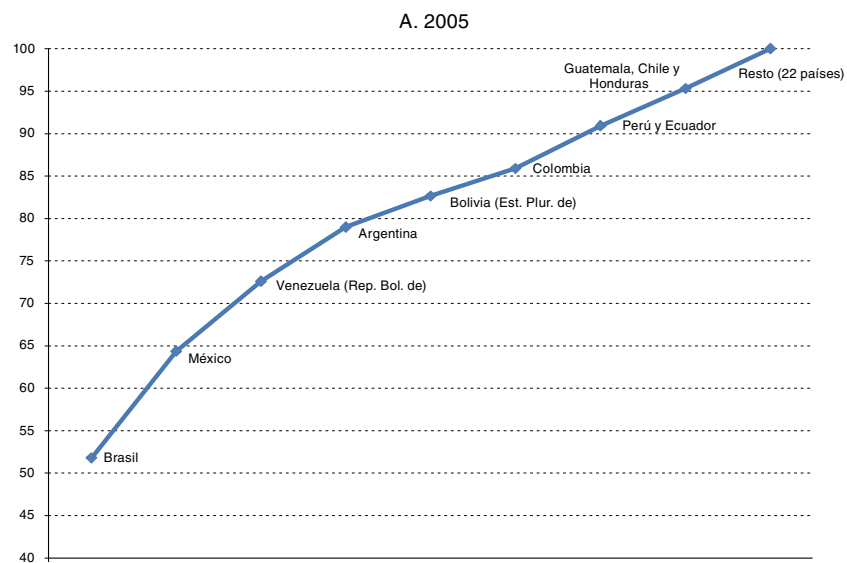
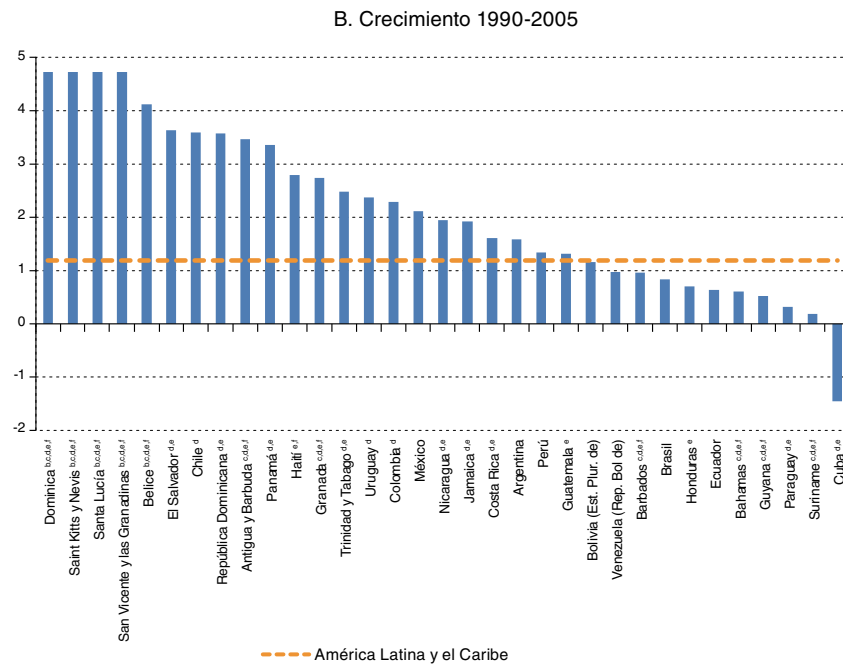


Gráfico VII.2 (conclusión)



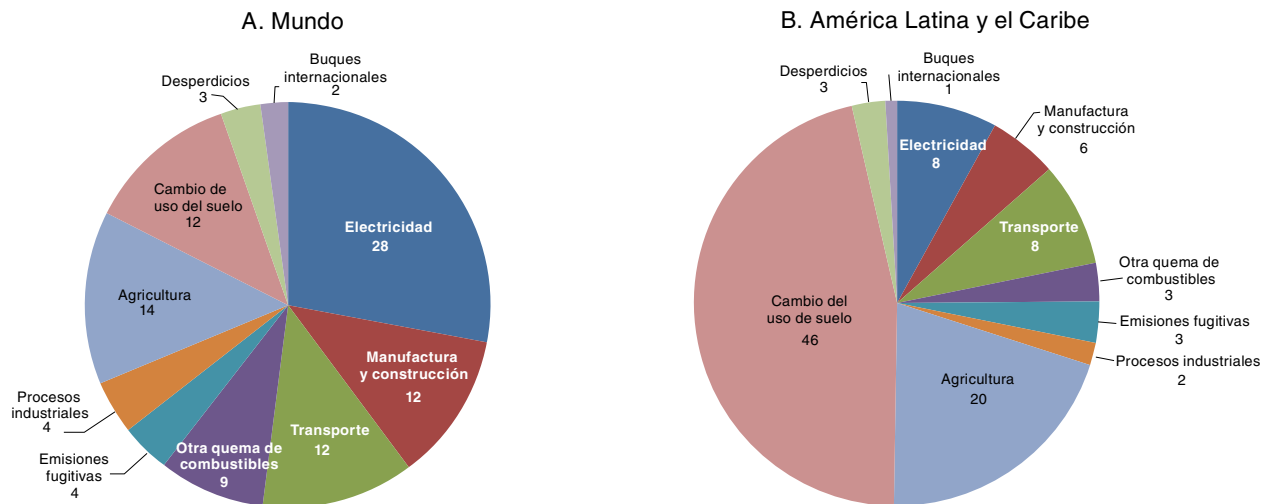
**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Instituto de los Recursos Mundiales (WRI), “Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 7.0”, Washington, D.C., 2010; y K.A. Baumert, T. Herzog y J. Pershing, *Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy*, Washington, D.C., Instituto de los Recursos Mundiales (WRI), 2005.

- <sup>a</sup> La participación porcentual se refiere al total de gases de efecto invernadero. Los países se fueron agregando progresivamente a partir de la importancia de su participación en el total de emisiones.
- <sup>b</sup> Datos de cambio de uso de suelo y silvicultura no disponibles para 1990.
- <sup>c</sup> Datos de perfluorocarbonos, hidrofluorocarbonos y hexafluorocarbono de azufre no disponible para 1990.
- <sup>d</sup> Datos de cambio de uso de suelo y silvicultura no disponibles para 2005.
- <sup>e</sup> Datos de perfluorocarbonos, hidrofluorocarbonos y hexafluorocarbono de azufre no disponible para 2005.
- <sup>f</sup> Datos de buques internacionales no disponibles para 1990.

Las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial se concentran en el sector energético (electricidad, manufactura y construcción, transporte, otra quema de combustibles y emisiones fugitivas) (65%), seguido por el sector agropecuario (14%) y por las emisiones causadas por el cambio de uso del suelo (12%). Las fuentes de emisiones en América Latina y el Caribe tienen una estructura distinta, ya que las originadas en el cambio de uso del suelo representaron casi la mitad del total regional, mientras que el sector energético participó con el 28% y la agricultura con el 20% (véase el gráfico VII.3)<sup>2</sup>. Esto muestra que las estrategias de mitigación en América Latina deben considerar tanto las emisiones relativas al consumo de energía como, de manera prioritaria, el nivel de deforestación y degradación del suelo.

<sup>2</sup> El Brasil contribuyó con el 73% del total de las emisiones provenientes del cambio de uso del suelo y el resto de América del Sur con el 20%. Si se omiten las emisiones por cambio de uso del suelo, la participación del sector energético representa el 73% y el 52% para el mundo y América Latina y el Caribe, respectivamente.

Gráfico VII.3  
**EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR SECTOR, 2005**  
*(En porcentajes)*



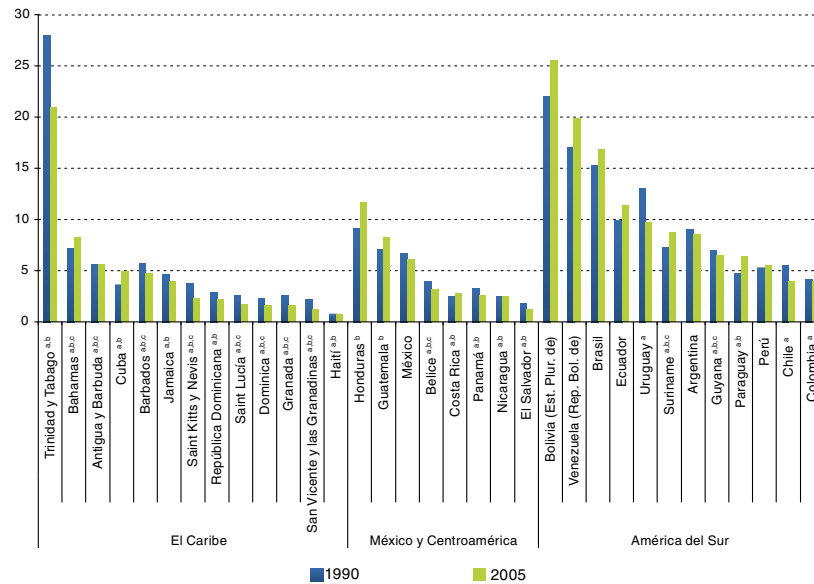
**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Instituto de los Recursos Mundiales (WRI), "Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 7.0", Washington, D.C., 2010.

Pese a que América Latina y el Caribe participa con una baja proporción en el total de emisiones mundiales, se destaca el hecho de que el promedio mundial de las emisiones totales per cápita es de 6,82 toneladas, mientras que en nuestra región ya llega a las 9,86 toneladas (véase el gráfico VII.4). Asimismo, se observa que las emisiones per cápita de la región exhiben una caída mayor que las mundiales (0,32% frente a 0,12%), principalmente por la reducción de las emisiones derivadas de la deforestación, aunque con diferencias significativas por país y el ritmo de crecimiento demográfico.

Si se atiende exclusivamente a las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del consumo de energía y la producción de cemento de América Latina y el Caribe, se observa que representan el 5,10% del total mundial de este tipo de emisiones y que aumentaron a una tasa media de crecimiento anual del 2,6% en el período 1990-2005<sup>3</sup>. Esto representa un ritmo superior a la media mundial (1,8%), aunque, desde luego, se observan distintos comportamientos por países (véase el gráfico VII.5).

<sup>3</sup> Las emisiones de CO<sub>2</sub> representan la masa de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) producida durante la combustión de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, la manufactura de cemento y la quema de gases. Las estimaciones no incluyen combustibles en los buques utilizados en transporte internacional (WRI 2010).

Gráfico VII.4  
EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PER CÁPITA, 1990-2005



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Instituto de los Recursos Mundiales (WRI), "Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 7.0", Washington, D.C., 2010.

<sup>a</sup> Datos de cambio de uso del suelo y silvicultura no disponibles.

<sup>b</sup> Datos de perfluorocarbonos, hidrofluorocarbonos y hexafluoruro de azufre no disponibles.

<sup>c</sup> Datos de buques internacionales no disponibles.

Gráfico VII.5  
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR CONSUMO DE ENERGÍA Y PRODUCCIÓN DE CEMENTO, 2005

A. Emisiones de CO<sub>2</sub> por habitante  
(en toneladas métricas)

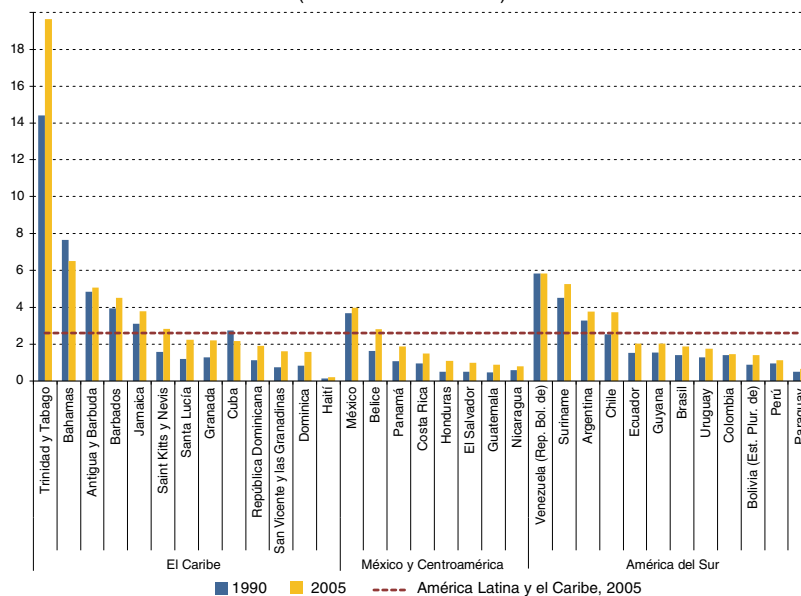
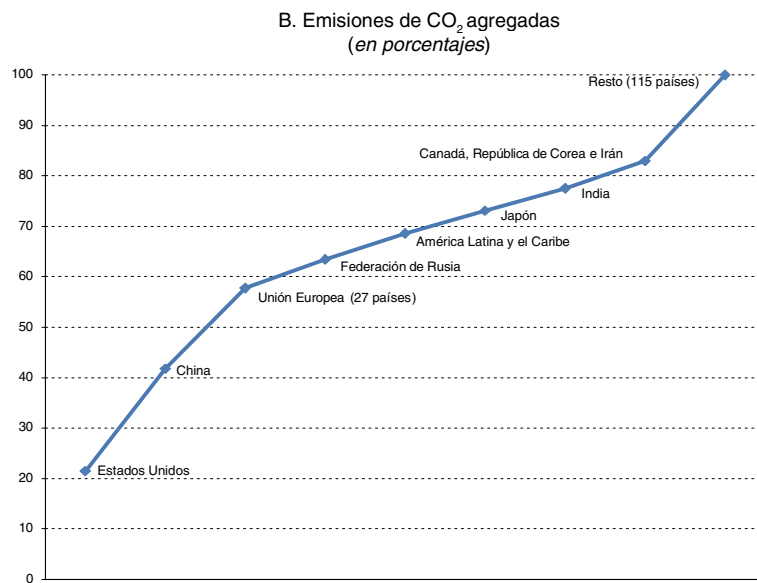


Gráfico VII.5 (conclusión)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Instituto de los Recursos Mundiales (WRI), “Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 7.0”, Washington, D.C., 2010.

Así, en 2005 América Latina y el Caribe emitió el equivalente a 2,6 toneladas de CO<sub>2</sub> por habitante originadas en el consumo de energía y cemento, mientras que el promedio mundial es de 4,2 toneladas per cápita. Solo seis países de la región sobrepasan las emisiones per cápita mundiales (véase el gráfico VII.5). Sin embargo, las emisiones per cápita provenientes de la energía en la región aumentaron a una tasa media anual del 1,1% entre 1990 y 2005, mientras que la tasa media de crecimiento mundial es del 0,42% para el mismo período. De este modo, América Latina y el Caribe tiene un margen de maniobra que puede erosionarse rápidamente.

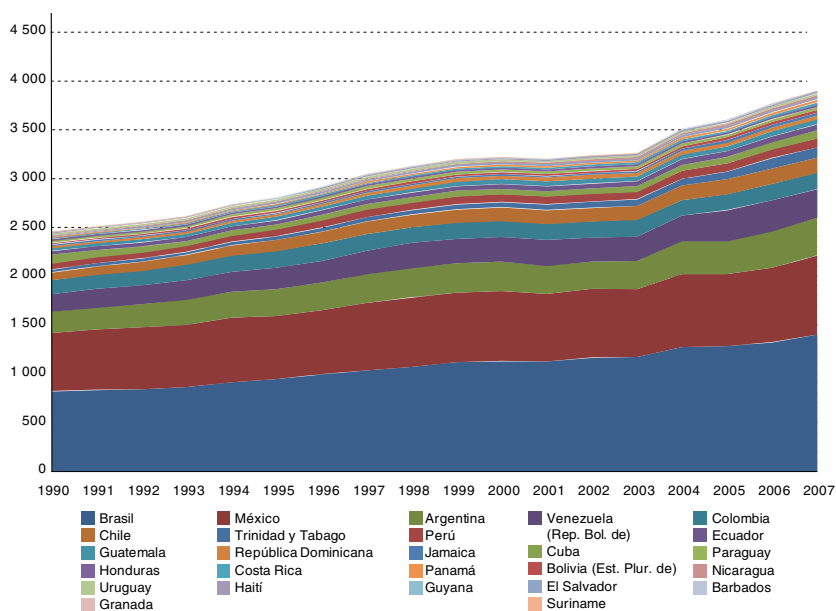
La trayectoria de las emisiones provenientes de la energía es coherente con la evolución del consumo de energía en América Latina y el Caribe, que creció a una tasa media anual del 2,8% para el período 1990–2007, superior al promedio mundial del 1,8% para el mismo período (véase el gráfico VII.6)<sup>4</sup>. Esta tasa de crecimiento del consumo de energía es superior al crecimiento de las emisiones y corresponde, en alguna medida, a un ligero proceso de desacoplamiento de las emisiones al consumo de energía basado, en parte, en un amplio proceso de electrificación y de penetración del uso de gas natural, así como de un avance en la eficiencia energética. Asimismo, se observa que la composición por tipo de combustible en América Latina y el Caribe muestra una mayor participación de la energía hidroeléctrica en comparación con la estructura del consumo mundial que utiliza más carbón (véanse los gráficos VII.7 y VII.8). América Latina tiene al petróleo como principal fuente energética, que pasó del 55% al 48% de la energía primaria de la región entre 1971 y 2007, a favor, principalmente, del uso de gas natural, que aumentó su participación del 11% al 21%. Cabe destacar que la energía hídrica incrementó su participación del 3% al 8% en el mismo período y que el consumo de biomasa aún es elevado, pese a haber registrado una disminución de 12 puntos porcentuales, y participa con el 16% del total en 2007.

<sup>4</sup> Los datos de consumo energético para América Latina y el Caribe provienen de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).



Finalmente, tanto la energía nuclear como la energía renovable (eólica, solar y geotérmica) aumentaron menos de un punto porcentual durante el período. Esto contrasta con la matriz energética mundial, donde el carbón tiene una participación del 26% para el período 1971-2007 (véase el gráfico VII.7). Por su parte, el uso del petróleo se redujo del 44% en 1971 al 34% en 2007. Asimismo, la utilización de gas natural aumentó del 16% al 21% y la energía nuclear se incrementó del 1% al 6%. Esto se traduce en una composición de la matriz energética de América Latina y el Caribe más limpia desde el punto de vista de las emisiones de CO<sub>2</sub>, pero resulta preocupante el creciente desarrollo de opciones energéticas basadas en carbón en la región. En la matriz energética también se destacan importantes diferencias por país (véase el gráfico VII.8).

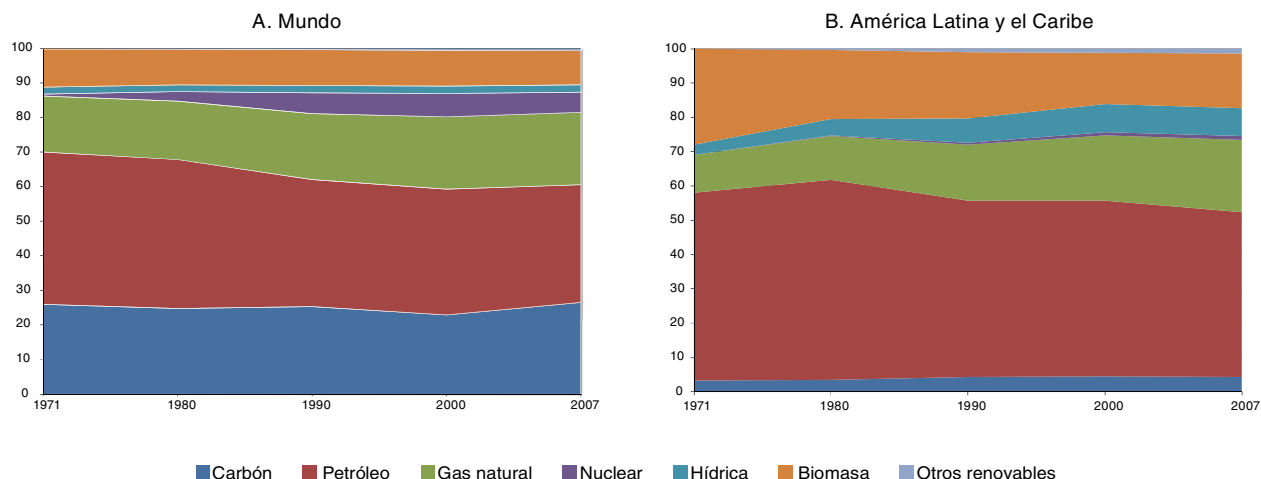
Gráfico VII.6  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: CONSUMO DE ENERGÍA, 1990-2007**  
(En millones de barriles equivalentes de petróleo)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), Sistema de Información Económica Energética (SIEE).

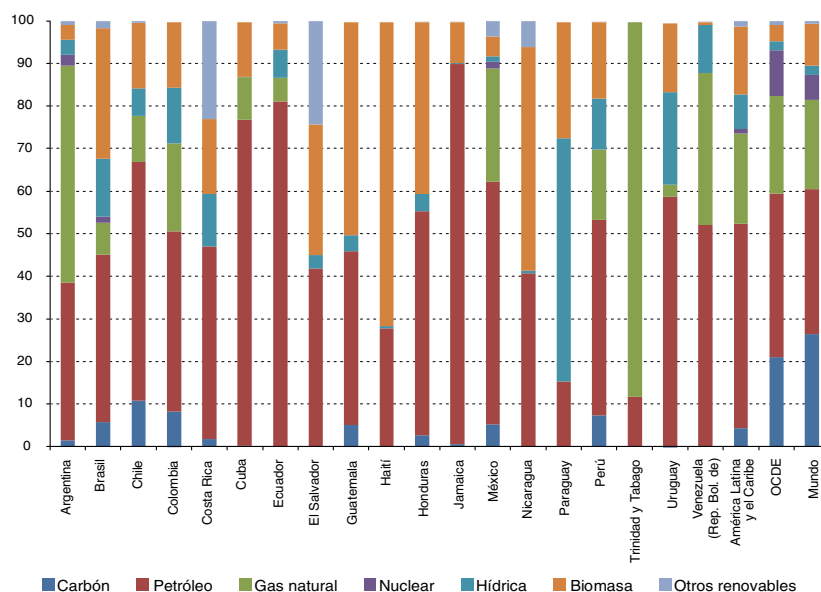
**Nota:** Los países se presentan sobre la base de la magnitud del consumo de energía en 2007.

Gráfico VII.7  
**MATRIZ DEL USO ENERGÉTICO**  
 (En porcentajes)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Agencia Internacional de Energía (AIE)/Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), *Energy Balances of non-OECD Countries 2010*, París, 2010.

Gráfico VII.8  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: MATRIZ ENERGÉTICA, 2007**  
 (En porcentajes)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Agencia Internacional de Energía (AIE)/Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), *Energy Balances of non-OECD Countries 2010*, París, 2010.

En este contexto, resulta fundamental identificar a los determinantes de la demanda de energía como uno de los principales factores que inciden en la evolución de la estructura e intensidad energética. Las estimaciones econométricas realizadas para la demanda de energía en América del Sur indican que, en general, la elasticidad con respecto al ingreso per cápita ( $\eta_y$ ) es elevada (alrededor de 1 en promedio), mientras que la elasticidad precio ( $\eta_p$ ) es muy baja (entre 0 y -0,2) (véase el cuadro VII.2)<sup>5</sup>. Estas estimaciones indican que un crecimiento económico continuo en la región vendrá acompañado de un aumento de la demanda de energía. Por su parte, la baja elasticidad precio de la demanda de energía refleja la reducida presencia de alternativas para una mayor eficiencia energética y de tecnologías, y sugiere las limitaciones de una política de precios en el corto plazo para controlar la demanda.

Cuadro VII.2  
**AMÉRICA DEL SUR: ESTIMACIONES DE DEMANDA DE ENERGÍA, 1985-2007**

	$\eta_y$	t-stat	$\eta_p$	t-stat
Argentina	1,20	7,67	-0,02	-4,14
Bolivia (Estado Plurinacional de)	2,36	4,78	-0,01	-0,02
Brasil	1,94	8,29	-0,01	-9,16
Chile	0,99	27,44	-0,07	-4,16
Colombia	0,34	2,38	-0,15	-5,28
Ecuador	1,45	7,76	-0,07	-7,20
Paraguay	0,65	1,95	-0,22	-8,64
Perú	0,70	15,14	-0,01	-6,71
Uruguay	0,63	4,68	-0,03	-3,18
Venezuela (República Bolivariana de)	0,36	2,28	-0,11	-17,25
Grupo	1,06	26,04	-0,07	-20,79

**PRUEBA DE COINTEGRACIÓN DE PEDRONI**

Estadístico	Coefficiente	Valor P
Panel – V	3,03	0,00
Panel – rho	-0,15	0,44
Panel – PP	-1,85	0,03
Panel – ADF	-1,96	0,03
Group – rho	0,80	0,21
Group – PP	-1,86	0,03
Group – ADF	-1,97	0,02

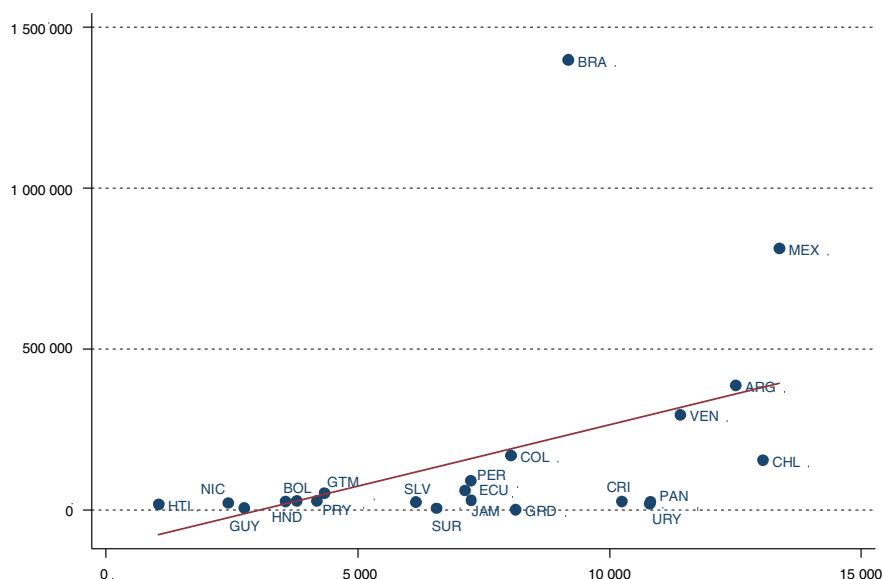
**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), Sistema de Información Económica Energética (SIEE), para estadísticas de consumo total de energía y precios de energía. Los datos de PIB per cápita a precios constantes de 2000 fueron obtenidos de la Base de Estadísticas e Indicadores Económicos (BADECON) de la CEPAL.

**Nota:** Los valores informados se distribuyen como una normal estándar  $[N(0,1)]$  bajo la hipótesis nula de existencia de raíz unitaria o no cointegración. PP: Phillips-Perron; ADF: Dickey-Fuller aumentado.

<sup>5</sup> Las estimaciones econométricas se realizaron utilizando mínimos cuadrados dinámicos (Pedroni, 2001) con datos de panel para América del Sur (Samaniego y Galindo, 2009).

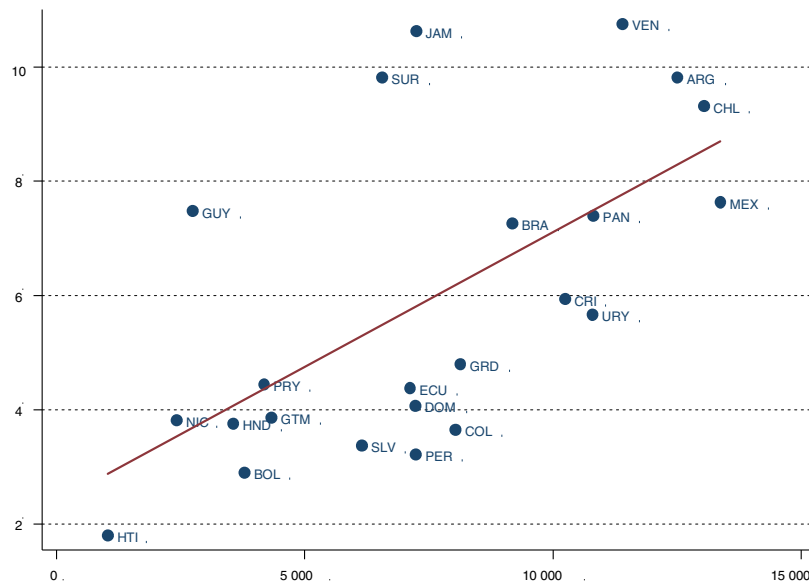
La evidencia disponible para América Latina y el Caribe también muestra, como en todas las economías modernas, una estrecha asociación positiva entre las emisiones per cápita, el consumo de energía per cápita y el PIB per cápita (véanse los gráficos VII.9 y VII.10). Los países con un mayor nivel de ingreso per cápita también tienen un mayor nivel de consumo de energía y de emisiones per cápita. Se observa además que, en general, existe un proceso de desacoplamiento paulatino del consumo de energía con respecto al PIB per cápita (véase el gráfico VII.11). Sin embargo, este proceso de desacoplamiento energético aún es insuficiente para detener el crecimiento del consumo de energía en América Latina y el Caribe y el estilo de crecimiento actual requiere de un elevado insumo de energía. Por este motivo, una contracción drástica del consumo de energía tendría consecuencias negativas en el ritmo de crecimiento de la región.

Gráfico VII.9  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: CONSUMO DE ENERGÍA Y PIB PER CÁPITA, 2007**  
*(En miles de barriles equivalentes de petróleo y dólares)*



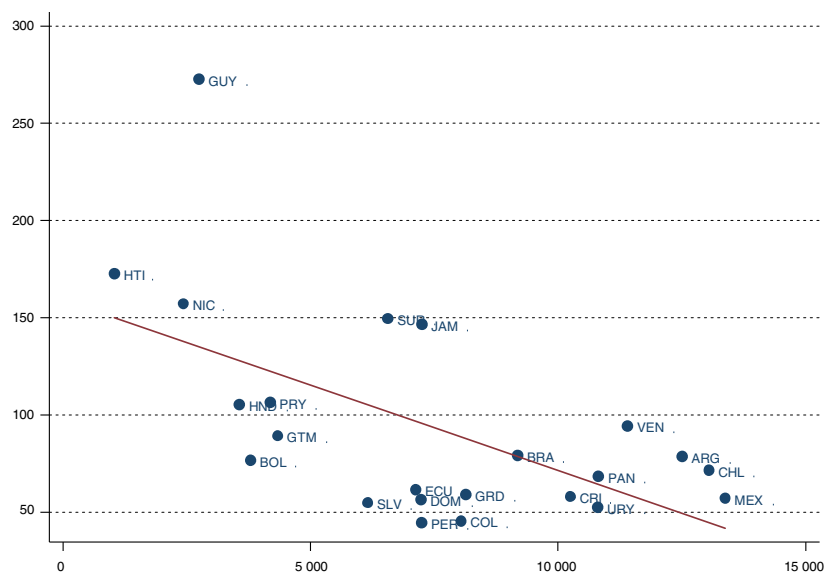
**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) con estadísticas de consumo total de energía del Sistema de Información Económica Energética (SIEE), de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE); y Banco Mundial para los datos de PIB per cápita valuados a paridad de poder de compra en dólares de 2005.

Gráfico VII.10  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: PIB PER CÁPITA FRENTE A CONSUMO DE ENERGÍA PER CÁPITA, 2007**  
*(En barriles equivalentes de petróleo y dólares)*



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) con estadísticas de consumo total de energía del Sistema de Información Económica Energética (SIEE), de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE); y Banco Mundial para los datos de PIB per cápita valuados a paridad de poder de compra en dólares de 2005.

Gráfico VII.11  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: PIB PER CÁPITA E INTENSIDAD ENERGÉTICA, 2007**  
*(En barriles equivalentes de petróleo por cada 100 000 dólares y dólares)*



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Sistema de Información Económica Energética (SIEE) de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) para estadísticas de consumo total de energía; y Banco Mundial para los datos de PIB per cápita valuados a paridad de poder de compra en dólares de 2005.

La evolución de las emisiones provenientes del consumo de energía y la producción de cemento se asocia a diversos factores, como la estructura y evolución de la matriz energética, del PIB, de los precios relativos y de las tecnologías disponibles. En principio, es posible simular las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel agregado mediante la conocida identidad del IPAT o de Kaya (CEPAL, 2009b), que descompone la contribución de la población, del PIB per cápita, del consumo de energía a producto (intensidad energética) y de las emisiones de gases de efecto invernadero a energía (intensidad carbónica de la energía)<sup>6</sup>:

$$1) \quad \Delta CO_{2t} = \Delta[POB_t] + \Delta \left[ \frac{PIB_t}{POB_t} \right] + \Delta \left[ \frac{ENERG_t}{PIB_t} \right] + \Delta \left[ \frac{CO_{2t}}{ENERG_t} \right]$$

Eliminado el efecto directo de la población:

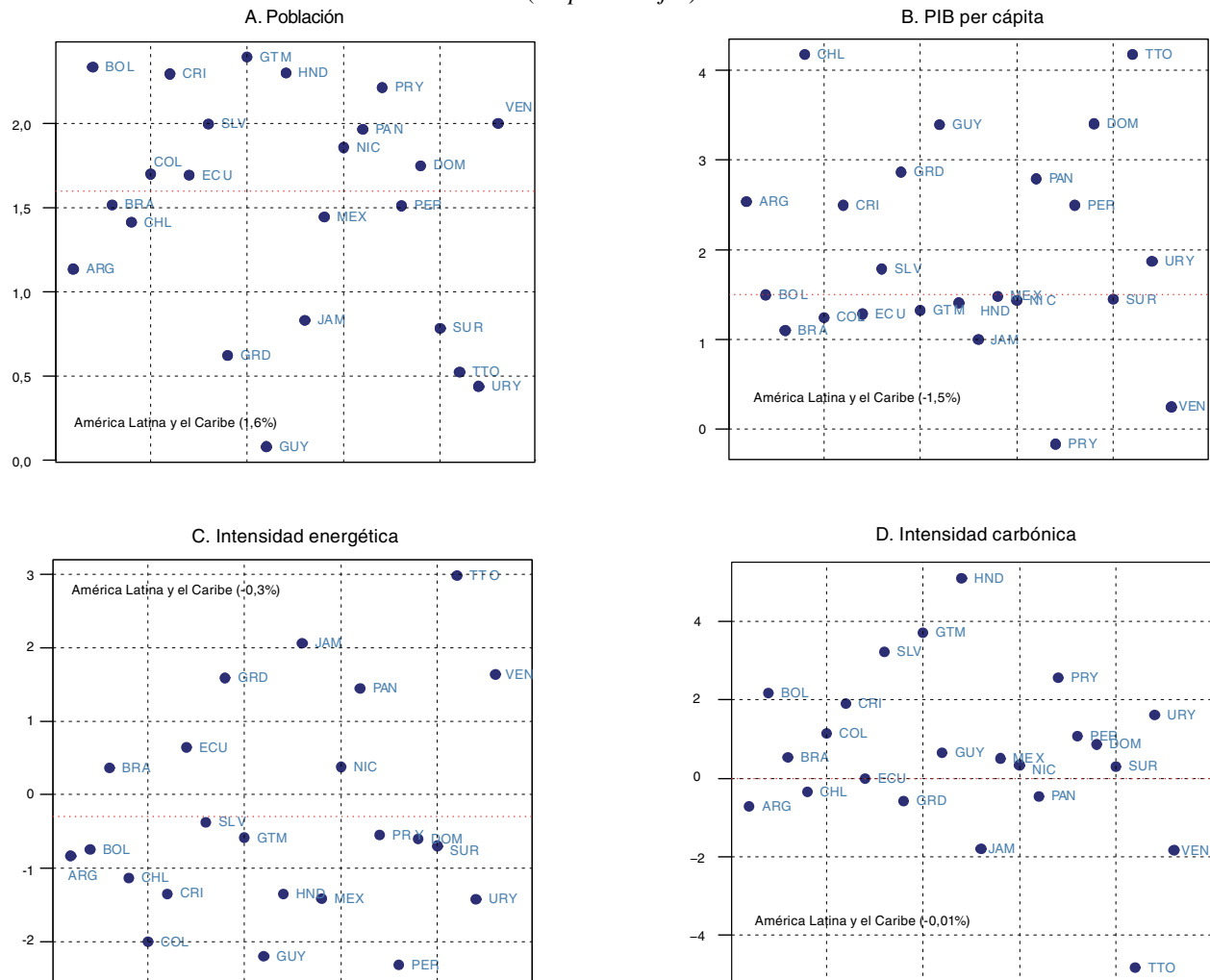
$$2) \quad \Delta CO_{2t} = \Delta PIB_t + \Delta \frac{ENERG_t}{PIB_t} + \Delta \frac{CO_{2t}}{ENERG_t}$$

De este modo, es factible esperar que un mayor crecimiento económico o aumento poblacional incremente el nivel de emisiones y de consumo de energía. Sin embargo, también es razonable esperar que se produzca un paulatino proceso de desacoplamiento energético (razón de energía a PIB) y de descarbonización (razón de emisiones a energía) en economías con un mayor ingreso per cápita. La evolución de estas variables se presenta en el gráfico VII.12, en donde se observa una trayectoria muy heterogénea por países y se destaca que es más común la reducción en la intensidad energética, que tiene una tasa media regional del -0,3% anual, que la reducción de la intensidad de emisiones a energía que, en promedio, se mantiene prácticamente constante.

De este modo, un escenario inercial o base para América Latina y el Caribe, que permite ilustrar las consecuencias de un rápido crecimiento económico que no esté acompañado por procesos de desacoplamiento del consumo de energía al ingreso y de las emisiones de CO<sub>2</sub> eq a la energía, puede elaborarse tomando como referencia la experiencia histórica (véase el gráfico VII.13). Esto implica considerar una reducción de la intensidad energética del 0,3% y una intensidad de emisiones a energía constante (véase el gráfico VII.13). En este escenario, un rápido crecimiento económico, reflejado en una tasa de crecimiento del PIB del 2,8%, se traduce en un crecimiento anual de las emisiones del 2,5%, lo que es claramente incompatible con las metas de emisiones per cápita por debajo de las 3 toneladas de CO<sub>2</sub> eq como promedio mundial para la segunda mitad del siglo (CEPAL, 2009). Desde luego, los ritmos de crecimiento más lentos se traducen en menores ritmos de crecimiento de las emisiones. Esta simulación muestra, en todo caso, que es altamente probable que las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del consumo energético continúen aumentando en América Latina y el Caribe, a menos que se instrumenten procesos de desacoplamiento energético o descarbonización más intensos que los históricos.

<sup>6</sup> Esta relación depende, además, del tipo de energía que se utilice y de la tecnología adoptada por cada país. Dada una cantidad de energía consumida, el nivel de emisiones puede variar sobre la base del contenido carbónico de dicha energía. Por ejemplo, el carbón tiene el mayor contenido carbónico (26,8 toneladas de carbón por terajoule de energía), seguido del petróleo (20 toneladas de carbón por terajoule de energía) y del gas natural (15,3 toneladas de carbón por terajoule de energía). De esta manera, países con similares niveles de energía consumida, pero con participaciones diferenciadas entre carbón, petróleo o gas natural, registran distintas intensidades carbónicas (WRI, 2009).

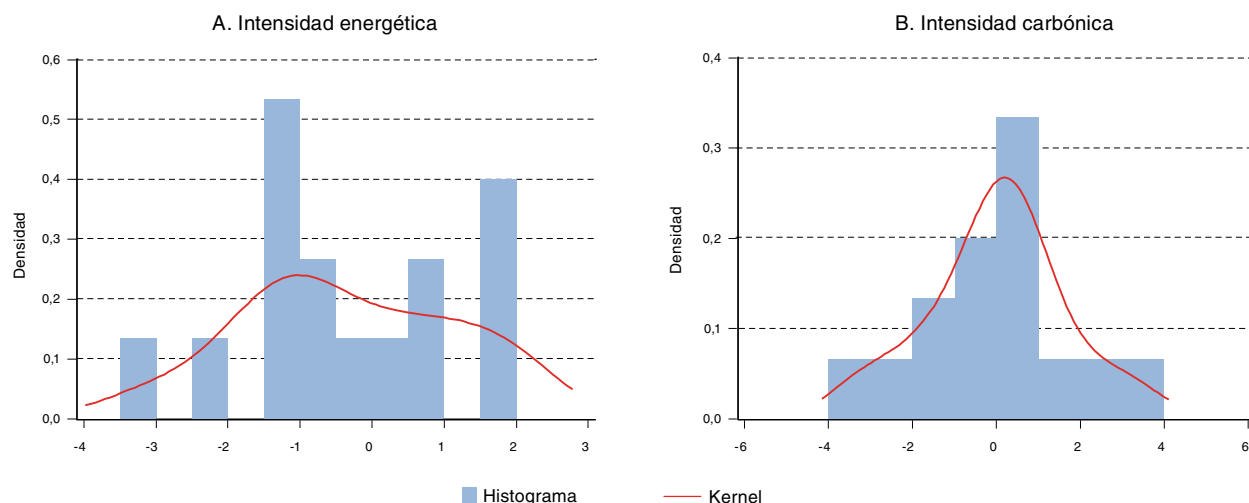
Gráfico VII.12  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: TASA MEDIA DE CRECIMIENTO ANUAL DE LAS EMISIONES  
 DE CO<sub>2</sub> Y SUS COMPONENTES, 1990-2005**  
*(En porcentajes)*



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Instituto de los Recursos Mundiales (WRI) “Climate Analysis Indicators Tool (CAIT). Version 7.0”, 2010; Sistema de Información Económica Energética (SIEE) de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE); Banco Mundial; y Base de Estadísticas e Indicadores Sociales (BADEINSO) de la CEPAL.

**Nota:** Se omiten los países para los que los datos de consumo de energía no están disponibles.

Gráfico VII.13  
**DISTRIBUCIÓN DE LAS TASAS DE CRECIMIENTO DE LA INTENSIDAD  
 ENERGÉTICA Y CARBÓNICA, 1990-2005**



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Instituto de los Recursos Mundiales (WRI) “Climate Analysis Indicators Tool (CAIT). Version 7.0”, 2010; Sistema de Información Económica Energética (SIEE) de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE); Banco Mundial; y Base de Estadísticas e Indicadores Sociales (BADEINSO) de la CEPAL.

**Nota:** Se omiten los países en que no se dispone de datos de consumo de energía.

Las emisiones de gases de efecto invernadero originadas en el cambio de uso del suelo en América Latina y el Caribe muestran un crecimiento sustancial del 6,33% entre 1980 y 1990 y una caída del 2,85% entre 1990 y 2005. Esto concuerda con los datos mundiales donde se observa una tasa de crecimiento anual del 3,28% entre 1980 y 1990 y una reducción del 0,75% entre 1990 y 2005. En este sentido, es probable que las emisiones originadas en el cambio de uso del suelo continúen disminuyendo (CEPAL, 2009b), a lo que puede contribuir de manera decisiva un acuerdo internacional al respecto.

En suma los principales mensajes son:

La evolución y trayectoria de las concentraciones y emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera proyectadas para este siglo implican un aumento de temperatura, con una alta probabilidad, de 2°C para 2050 y de 3°C o 4°C al final del siglo. Para evitar los escenarios climáticos más extremos es necesario contar con una estrategia de mitigación global con responsabilidades compartidas pero diferenciadas, lo que implica alcanzar un promedio global de emisiones per cápita de entre 2 y 3 toneladas de CO<sub>2</sub> eq (Hepburn y Stern, 2008).

La evidencia disponible para América Latina y el Caribe muestra que la región contribuye con una parte menor al total de emisiones globales y cuenta con una matriz energética más limpia, pero con una parte significativa de emisiones provenientes de la deforestación. Además, exhibe un ritmo de crecimiento similar a la media mundial con un 1,19% entre 1990 y 2005 para el total de gases de efecto invernadero, pero superior si solo se consideran las emisiones derivadas de la quema de combustibles



fósiles. Asimismo, se observa que las emisiones por país en América Latina y el Caribe son muy heterogéneas, destacándose la fuerte concentración relativa en algunos países.

En este contexto, se observa que el consumo de energía de América Latina y el Caribe creció a una tasa media anual superior a las emisiones provenientes de esta fuente, lo que refleja un ligero proceso de desacoplamiento de las emisiones al consumo. Las estimaciones de la demanda de energía muestran, además, que existe una elasticidad ingreso alta y una muy baja elasticidad precio. Ello implica que un crecimiento económico continuo en la región vendrá acompañado de un aumento de la demanda de energía y que la baja elasticidad precio de esta demanda sugiere las limitaciones de una política de precios para controlar este consumo. La evidencia disponible para la región muestra además la presencia de una estrecha asociación positiva entre las emisiones per cápita, el consumo de energía per cápita y el PIB per cápita y la presencia de un proceso marginal de desacoplamiento energético que es aún insuficiente para detener el crecimiento del consumo de energía en América Latina y el Caribe.

Las proyecciones de las emisiones provenientes de fuentes energéticas indican que, de mantenerse el comportamiento histórico en la intensidad energética y en la intensidad de emisiones a energía y suponiendo un rápido crecimiento económico, se mantendrá un rápido crecimiento regional de las emisiones proveniente de esta fuente. Por su parte, las emisiones provenientes del cambio de uso del suelo muestran una tendencia a disminuir, a lo que puede contribuir un acuerdo internacional al respecto.

## VIII. CONCLUSIONES

La evidencia científica muestra que el calentamiento global, asociado al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de actividades antropogénicas, está ocasionando cambios climáticos apreciables. La evidencia del cambio climático en América Latina y el Caribe coincide con la evidencia internacional, aunque existen algunas diferencias regionales significativas.

El análisis económico del cambio climático se basa en la definición e identificación de una trayectoria inercial o línea base respecto de la que se estiman tanto los impactos económicos de escenarios de cambio climático probables —en este análisis el B2 (de cambio más moderado) y el A2 (cambio más intenso que el anterior)—, como las implicaciones económicas de los procesos de adaptación y mitigación. La evolución de las economías de América Latina muestra, en general, una trayectoria de desarrollo económico ascendente con oscilaciones en torno a una tendencia, junto con cambios estructurales en sus trayectorias medias. Aunque no existe un proceso de convergencia absoluta de las trayectorias del producto interno bruto (PIB) per cápita entre los países de América Latina debido a la presencia de comportamientos diferenciados por décadas y por grupos de países, no se invalida la posible presencia de un proceso de convergencia condicional. Estos patrones regulares permiten identificar escenarios socioeconómicos de largo plazo en que, con una alta probabilidad, la tasa media de crecimiento del PIB per cápita se ubicará en torno al 1,7% anual.

Por otro lado, la evolución y trayectoria de las concentraciones globales (*stocks*) y de las emisiones (flujos) de gases de efecto invernadero en la atmósfera, proyectadas para este siglo, implican un aumento de temperatura, con una alta probabilidad, de 2°C para el 2050 y de 3°C o, incluso, 4°C al final del siglo. Las proyecciones climáticas para América Latina y el Caribe indican que también continuará el aumento paulatino pero persistente del promedio de temperatura, aunque con diferencias según las regiones, y que habrá cambios en los patrones de cantidad, intensidad y frecuencia de precipitaciones. Asimismo, los registros históricos sobre el aumento del nivel del mar muestran una

tendencia positiva, en particular para el golfo de México y el mar Caribe. Existe, además, una creciente variabilidad climática con un consecuente aumento de eventos climáticos extremos. En general, las proyecciones de América del Sur para este siglo indican un aumento progresivo de la media de temperatura de entre 1°C y 4°C en el escenario de emisiones más bajas o B2, y de entre 2°C y 6°C en el escenario de emisiones más altas o A2.

La evidencia empírica para América Latina y el Caribe muestra que, a nivel agregado, estos cambios en las variables climáticas tienen efectos significativos en las economías de la región y que son crecientes en el tiempo. En la región, las presiones adicionales sobre la disponibilidad de los recursos hídricos, el incremento de los incendios forestales, las mermas significativas de la productividad agrícola de algunas regiones, los efectos negativos sobre la salud, los daños en zonas costeras por aumento del nivel del mar, la disminución de servicios ecosistémicos por pérdidas significativas de biodiversidad, el aumento de la morbilidad y mortalidad por eventos extremos, entre otros, serán una nueva fuente de preocupación y condicionarán la senda de desarrollo. Sin embargo, estos efectos también son heterogéneos en función de climas, regiones, sectores y agentes económicos y, en el tiempo, tienen comportamientos no lineales y con umbrales específicos. No obstante, la estimación preliminar de los costos y beneficios económicos del cambio climático para América Latina y el Caribe, con la información disponible, muestra un balance negativo y creciente en el tiempo. En efecto, en países templados podría llegar a perderse el equivalente a alrededor del 1% del producto anual durante todo el período de análisis, es decir hasta 2100 en el escenario A2, lo que excede el presupuesto de los ministerios de medio ambiente. Estos costos serían superiores en los países andinos, de Centroamérica y el Caribe. Además, en algunos casos, como los que afectan a la biodiversidad o las vidas humanas, habrá consecuencias irreversibles no cuantificables económicamente. Cuán dramático o tolerable sea el balance está íntimamente ligado al escenario de emisiones. El cambio climático ya en curso hace inevitable la adaptación en la región.

Evitar los escenarios climáticos más extremos requiere una estrategia de mitigación global con responsabilidades compartidas pero diferenciadas para llevar el promedio de las emisiones per cápita globales a entre 2 y 3 toneladas de equivalente de CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub> eq). En un futuro cercano, la región de América Latina y el Caribe se ubicará por encima de ese nivel si no se aplican medidas de mitigación, aunque el aporte de la región al total de emisiones globales es menor y se cuenta con una matriz energética más limpia, correspondiendo una parte significativa de emisiones al cambio de uso de suelo (principalmente por deforestación). Sin embargo, se observa que las emisiones provenientes del consumo de energía continúan aumentando mientras que las provenientes del cambio de uso de suelo (deforestación) se están reduciendo. Cabe destacar, además, que las emisiones son muy heterogéneas entre los países.

La evidencia disponible muestra que las emisiones provenientes de la energía representan una proporción menor del total mundial pero que mantienen un fuerte dinamismo. Esto se refleja, por ejemplo, en que la demanda de energía muestra una elevada elasticidad ingreso y una muy baja elasticidad precio. Esto significa que un crecimiento económico continuo en la región vendrá acompañado de un aumento de la demanda de energía, mientras que la baja elasticidad precio de la demanda de energía parece indicar que existen limitaciones de la política de precios para controlar este consumo en el corto plazo. Asimismo, la evidencia disponible para América Latina y el Caribe muestra la existencia de una estrecha asociación positiva entre las emisiones per cápita, el consumo de energía per cápita y el PIB per cápita y de un proceso marginal de desacoplamiento energético que aún es insuficiente para detener el crecimiento del consumo de energía.

De mantenerse el comportamiento histórico con respecto a la intensidad energética y la intensidad de emisiones provenientes de la energía (intensidad carbónica de la energía) y de haber un rápido crecimiento económico, se mantendrá también un rápido crecimiento regional de las emisiones proveniente de esta fuente. Esto es inconsistente con las metas de emisiones per cápita de entre 2 y 3 toneladas de CO<sub>2</sub> eq. No obstante, los países de la región disponen de numerosas oportunidades de mitigación a bajo costo, en algunos casos negativo, y hay importantes cobeneficios asociados (de manera considerable para los grupos de menores ingresos).

La magnitud de los impactos asociados a las nuevas condiciones climáticas y del esfuerzo necesario para desacoplar la trayectoria de crecimiento económico del consumo de energía y de las emisiones supone una restricción adicional al desarrollo que solo un importante esfuerzo de adaptación y el tránsito hacia una economía baja en carbono y con igualdad podrán enfrentar. Reducir la alta vulnerabilidad socioeconómica y ambiental ante los efectos del cambio climático obligará a redoblar las medidas para disminuir los impactos en la pobreza, la desigualdad, aumentar la resiliencia y fomentar la capacidad adaptativa de las sociedades y los ecosistemas tras los cambios observados y esperados en el clima.

Las inversiones en adaptación a este fenómeno deben ser una prioridad para el desarrollo económico y social. El problema inmediato que presenta la región es determinar la cantidad de recursos que deben destinarse y la manera en que deben invertirse para diseñar, planificar e implementar las políticas de adaptación y la forma en que se asignan sus costos. Los procesos de adaptación incluyen una gran diversidad de acciones y actividades entre las que destacan las destinadas a la adaptación en los distintos sectores y actividades económicas, los estilos de vida, la administración de riesgos y los ecosistemas y recursos naturales.

El cambio climático es un problema global, respecto tanto de sus causas como de sus consecuencias, y significa, desde una óptica económica, una externalidad negativa global. Su solución representa una ganancia en el bienestar general, lo que no implica que dejen de existir grupos o regiones que tendrán pérdidas o impactos negativos pero que pueden compensarse adecuadamente. En este sentido, es fundamental diseñar e instrumentar una estrategia global que reconozca las responsabilidades compartidas pero diferenciadas del problema con sólidos fundamentos económicos y una apropiada administración de riesgos. Para el conjunto de los países de América Latina y el Caribe se observa que los costos económicos asociados a los impactos del cambio climático son superiores a los de participar en un acuerdo de mitigación que reconozca la responsabilidad histórica e imponga metas diferenciadas por regiones acordes con los principios de equidad y corresponsabilidad.

En este contexto, resulta fundamental diseñar e instrumentar una estrategia de desarrollo sostenible, adaptativa, baja en carbono, socialmente incluyente, que reconozca que un crecimiento económico que no tiene en cuenta consideraciones climáticas y de igualdad será, en el futuro, altamente riesgoso y muy probablemente insostenible en el largo plazo. Los estudios de economía del cambio climático para los países de América Latina se enmarcan en este esfuerzo.

### Bibliografía

- Aguilar, E. y otros (2005), "Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and Northern South America, 1961-2003", *Journal of Geophysical Research*, vol. 110.
- Agrawala, S. y S. Fankhauser (2008), *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments*, París, OECD Publishing.
- Banco Mundial (2010), *The Cost of Developing Countries of Adapting to Climate Change. New Methods and Estimates*, Washington, D.C.
- \_\_\_\_\_ (2009), *World Development Report 2010: Development and Climate Change*, Washington, D.C., noviembre.
- \_\_\_\_\_ (2006), "Clean Energy and Development: Towards an Investment Framework" [en línea] <http://siteresources.worldbank.org/DEVCOMMINT/Documentation/20890696/DC2006-0002%28E%29-CleanEnergy.pdf>.
- Barro, Robert J. y Xavier Sala-i-Martin (2009), *Crecimiento económico*, Barcelona, Editorial Reverté.
- \_\_\_\_\_ (1992), "Convergence", *Journal of Political Economy*, vol. 100, N° 2.
- Baumert, K.A., T. Herzog y J. Pershing (2005), *Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy*, Washington, D.C., Instituto de los Recursos Mundiales (WRI).
- Blanchard, Olivier (1997), "Is there a core of usable macroeconomics?", *American Economic Review*, vol. 87, N° 2, mayo.
- Britton, E., P. Fisher y J. Whitley (1998), "The inflation report projections: understanding the fan chart", *Bank of England Quarterly Bulletin*, vol. 38, N° 1, febrero.
- Brooks, Chris (2002), *Introductory Econometrics for Finance*, Cambridge University Press.
- Canova, F. (2007), *Methods for Applied Macroeconomic Research*, Princeton University Press.
- \_\_\_\_\_ (1998), "Detrending and business cycle facts", *Journal of Monetary Economics*, vol. 41, N° 3, 20 de mayo.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2010a), "La economía del cambio climático en Uruguay. Síntesis", *documentos de proyectos*, N° 330 (LC/W.330), Santiago de Chile.
- \_\_\_\_\_ (2010b), "La economía del cambio climático en Centroamérica", *documentos de proyectos*, en prensa.
- \_\_\_\_\_ (2009a) "La economía del cambio climático en Chile. Síntesis", *documentos de proyectos*, N° 288 (LC/W.288), Santiago de Chile.
- \_\_\_\_\_ (2009b), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009* (LC/G.2425), Santiago de Chile, noviembre.
- Christensen, J.H. y A.B. Hewitson (2007), "Regional climate projections", *Climate Change 2007: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press.
- Church, A.J. y N.J. White (2006), "A 20th century acceleration in global sea-level rise", *Geophysical Research Letters*, vol. 33, N° 1.
- Clements, Michael P. y David F. Hendry (2004), "Pooling of forecasts", *The Econometrics Journal*, vol. 7, N° 1.
- De Gregorio, José y Jong-Wha Lee (2003), "Growth and adjustment in East Asia and Latin America", *Central Bank of Chile Working Papers*, N° 245, diciembre.
- Easterling, William E. y otros (1993), "Agricultural impacts of and responses to climate change in the Missouri-Iowa-Nebraska-Kansas (MINK) region", *Climatic Change*, vol. 24, N° 1-2.
- Fischer, Stanley (1993), "The role of macroeconomic factors in growth", *Journal of Monetary Economics*, vol. 32, N° 3.
- Fankhauser, Samuel (1995), *Valuing Climate Change: The Economics of the Greenhouse Effect*, Earthscan Publications.

- Galindo, L.M. (2009), *La economía del cambio climático en México. Síntesis*, México, D.F., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- Hamilton, James Douglas (1994), *Time Series Analysis*, Princeton University Press, enero.
- Hepburn, C. y N. Stern (2008), "A new global deal on climate change", *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 24, N° 2.
- Hodrick, R.J. y E.C. Prescott (1997), "Postwar U.S. business cycles: an empirical investigation", *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 29, N° 1.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) (2007a), *Climate Change 2007: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press.
- \_\_\_\_\_ (2007b), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press.
- \_\_\_\_\_ (2001), "IPCC Third Assessment Report - Climate Change 2001 - Complete online versions / UNEP/GRID-Arendal - Publications - Other" [en línea] [http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_tar/](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/) [fecha de consulta: 10 de noviembre de 2010].
- \_\_\_\_\_ (2007c), *Cambio climático 2007: impactos y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al cuarto informe de evaluación del IPCC. Resumen para responsables de políticas*, M.L. Parry y otros (eds.), Cambridge University Press.
- \_\_\_\_\_ (1995), *Segunda evaluación: cambio climático 1995. Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, Ginebra.
- Julio, Juan Manuel (2007), "The fan chart: the technical details of the new implementation", *Borradores de economía*, N° 468, Bogotá, Banco de la República.
- Kaiser, Regina y Agustín Maravall (1999), "Short-term and long-term trends, seasonal adjustment, and the business cycles", *Banco de España Working Papers*, N° 9918.
- Kiktev, D. y otros (2003), "Comparison of modeled and observed trends in indices of daily climate extremes", *Journal of Climate*, vol. 16, N° 22.
- King, R.G. y R. Levine (1993), "Finance and growth: Schumpeter might be right", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 108, N° 3.
- Maddala, G.S. e In-Moo Kim (1998), *Unit Roots, Cointegration, and Structural Change*, Cambridge University Press.
- Madden, R.A. y J. Williams (1978), "The correlation between temperature and precipitation in the United States and Europe", *Monthly Weather Review*, vol. 106.
- Magrin, G. y otros (2007), "Latin America", *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press.
- Mankiw, N. Gregory, David Romer y David N. Weil (1992), "A contribution to the empirics of economic growth", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 107, N° 2, mayo.
- Maravall, A. (1999), "Short-term analysis of macroeconomic time series", *Economics Beyond the Millennium*, A. Kirman y L.A. Gérard-Varet (eds.), Oxford University Press.
- Marengo, J.A. y otros (2009a), "An intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century. Part 2: historical trends", *Climatic Change*, vol. 98, N° 3-4.
- \_\_\_\_\_ (2009b), "Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system", *International Journal of Climatology*, vol. 29, N° 15.
- Meehl, G.A. y T.F. Stocker (2007), "Global climate projections", *Climate Change 2007: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press.

- Mills, T.C. (2003), *Modelling Trends and Cycles in Economic Time Series*, Basingstoke, Palgrave Macmillan.
- \_\_\_\_\_. (1991), *Time Series Techniques for Economists*, Cambridge University Press, junio.
- NOAA (Organismo Nacional del Océano y de la Atmósfera) (2010), “Trends in Atmospheric Carbon Dioxide” [en línea] <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/#global> [fecha de consulta: 5 de octubre de 2010].
- Nordhaus, D.W. (2008), *A Question of Balance: Economic Modeling of Global Warming*, New Haven, Yale University Press.
- NSIDC (Centro Nacional de Datos de Hielo y Nieve) (2010), “Arctic Sea Ice News and Analysis” [en línea] <http://nsidc.org/arcticseaicenews/index.html> [fecha de consulta: 5 de octubre de 2010].
- Oxfam International (2007), “Adapting to climate change: What’s needed in poor countries, and who should pay”, *Oxfam Briefing Paper*, N° 104 [en línea] <http://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/adapting%20to%20climate%20change.pdf>.
- Parry, Martin y otros (2009), *Assessing the Costs of Adaptation to Climate Change. A Review of the UNFCCC and Other Recent Estimates*, Londres, International Institute for Environment and Development.
- Patterson, Kerry (2000), *An Introduction to Applied Econometrics*, Basingstoke, Palgrave Macmillan, octubre.
- Pedroni, P. (2001), “Purchasing power parity tests in cointegrated panels”, *Review of Economics and Statistics*, vol. 83, N° 4.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2007), *Informe sobre desarrollo humano 2007/2008. La lucha contra el cambio climático: solidaridad frente a un mundo dividido*, Nueva York, Oxford University Press.
- Polyak, L. y otros (2010), “History of sea ice in the Arctic”, *Quaternary Science Reviews*, vol. 29, N° 15-16.
- Project Catalys (2009), “Adaptation to climate change: potential costs and choices for a global agreement”, The ClimateWorks Foundation.
- Ros, Jaime (2000), *Development Theory and the Economics of Growth*, The University of Michigan Press.
- Sala-i-Martin, Xavier (2000), *Apuntes de crecimiento económico*, Barcelona, Antoni Bosch Editor, abril.
- Samaniego, J. y L.M. Galindo (2009), “Escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero asociados a combustibles fósiles en América Latina: una aproximación empírica”, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), inédito.
- Siegenthaler, U. y otros (2005), “Stable carbon cycle-climate relationship during the late Pleistocene”, *Science*, vol. 310, N° 5752.
- Smith, T.M. y R.W. Reynolds (2005), “A global merged land-air-sea surface temperature reconstruction based on historical observations (1880-1997)”, *Journal of Climate*, vol. 18, N° 12.
- Stern, Nicholas (2007), *The Economics of Climate Change*, Londres, Cambridge University Press.
- Tebaldi, C. y otros (2006), “Going to the extremes: an intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events”, *Climatic Change*, vol. 79, N° 3-4.
- Trenberth, K.E. y otros (2007), “Observations: surface and atmospheric climate change”, *Climate Change 2007: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press.
- Vermeer, M. y S. Rahmstorf (2009), “Global sea level linked to global temperature”, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, vol. 106, N° 51.
- Vincent, L.A. y otros (2005), “Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960-2000”, *Journal of Climate*, vol. 18, N° 23.
- Watson, M.W. (1986), “Univariate detrending methods with stochastic trends”, *Journal of Monetary Economics*, vol. 18, N° 1.
- Woodward, W.A. y H.L. Gray (1995), “Selecting a model for the presence of a trend”, *Journal of Climate*, vol. 8, N° 8.
- WRI (Instituto de los Recursos Mundiales) (2010), “Climate Analysis Indicators Tool (CAIT). Version 7.0” [en línea] <http://cait.wri.org>.